



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Claudia Almeida Fioresi

Circulação da divulgação científica em livros didáticos de química: a textualização da radioatividade enquanto fato científico

Florianópolis

2020

Claudia Almeida Fioresi

Circulação da divulgação científica em livros didáticos de química: a textualização da radioatividade enquanto fato científico

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de doutora em Educação Científica e Tecnológica.
Orientador: Prof. Dr. Henrique César da Silva

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fioresi, Claudia Almeida

Circulação da Divulgação Científica em Livros Didáticos de
Química: a Textualização da Radioatividade enquanto Fato
Científico / Claudia Almeida Fioresi ; orientador, Henrique
César da Silva, 2020.

211 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas,
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Circulação e
Textualização do conhecimento científico. 3. Divulgação
Científica. 4. Livros Didáticos. 5. Radioatividade. I. da
Silva, Henrique César. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e
Tecnológica. III. Título.

Claudia Almeida Fioresi

Circulação da divulgação científica em livros didáticos de química: a textualização da radioatividade enquanto fato científico

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Dra. Isabel Martins
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira
Universidade Federal do Piauí

Prof. Dra. Marcia Borin da Cunha
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profa. Dra. Marinês Domingues Cordeiro
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutora em Educação Científica e Tecnológica.

Prof. Dr. Juliano Camillo
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Henrique César da Silva
Orientador

Florianópolis, 2020.

Dedicatória

Aos meus amados pais, Claudio e Maria.
As minhas doces avós, Guilhermina e Laura (in memoriam).
E aos meus irmãos, Carla e Kerlon.
Obrigada por serem uma fonte inesgotável de força e inspiração.

AGRADECIMENTOS

O processo de escrita ao longo desses anos nem sempre se deu de uma maneira tranquila e fluida. Houve momentos em que me questionei se estava no caminho certo, até que percebi que cada um percorre sua própria trilha desvendando o caminho de uma maneira singular. Às vezes a cobrança exagerada comigo mesma fez o caminho ser mais tortuoso, mas eu recuperava as forças necessárias para continuar seguindo e essa força veio daqueles que estavam ao meu redor, ou até mesmo longe, mas que estavam conectados comigo. Infelizmente, não conseguirei colocar aqui todos os nomes e nem expressar a real importância que cada um teve para que eu chegasse até aqui, mas preciso expor mesmo que brevemente a minha gratidão.

Agradeço a Deus por existir, pela proteção diária, pela saúde e oportunidade de estudar e fazer um doutorado.

Aos meus pais, Claudio e Maria que me deram todo suporte que precisei e mesmo que sempre me perguntassem: “filha, mas quando é que você vai parar de estudar.” Eles sabiam da importância disso para mim e me apoiaram em todos os passos que eu dei, suportaram a saudade, por eu nunca estar em casa e até mesmo por não conseguir estar presente em todas as datas comemorativas e outras ocasiões importantes. Sei que não foi fácil, mas essa conquista também é deles, gratidão pelo amor incondicional e por serem assim, exatamente como são.

A minha avó Laura (in memoriam) e a avó Guilhermina, por serem mulheres tão fortes que deram todo suporte a família, mesmo em tempos difíceis. Muitas foram as vezes em que a vó Guilhermina perguntou: “Mas quando é que a Claudia vem?”. Às vezes demorava, mas eu sempre corria para os braços dela e passava horas na área conversando e viajando pelas histórias que ela contava.

Aos meus irmãos Carla e Kerlon por todo apoio e compreensão da minha ausência e por sempre torcerem e acreditarem em mim. Eu amo muito vocês.

Aos professores membros da banca, professora Isabel Martins, Marinês Cordeiro, Luciana Ferreira e Marcia Borin da Cunha, por terem aceito participar deste momento tão importante da minha jornada e que dedicaram parte do seu tempo para ler este trabalho. Fica aqui, meu agradecimento e minha enorme admiração pelas professoras/pesquisadoras que são.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, em especial os professores das disciplinas que cursei durante o doutorado, José

Pinho, Walter Bazzo, Frederico Firmo e Luis de Quadros Peduzzi. Além do professor Juliano Camillo, que participou da qualificação desta tese e fez contribuições muito importantes.

Muitos foram os mestres que me ajudaram a me construir enquanto professora e eu não poderia deixar de fazer um agradecimento especial à professora Marcia Borin da Cunha, que durante a minha graduação, marcou muito a minha vida e despertou em mim a paixão pela área de Educação em Ciências e posteriormente o interesse pela pesquisa em Divulgação Científica me orientando no mestrado. Devo essa conquista também a ela, obrigada por tudo.

Agradeço imensamente ao meu orientador, professor Henrique César da Silva. Eu digo sempre que fui uma pessoa de muita sorte em tê-lo como orientador nesses anos, obrigada pela paciência e por entender como comecei este processo imatura, cheia de inseguranças e medos. Obrigada por acreditar em mim e por sempre ter tido a sensibilidade de entender como esse processo é difícil para nós e como a forma de conduzir as coisas faz toda diferença no processo. Tenho uma admiração enorme pela forma como trata seus orientandos e alunos. Com certeza, ele é um espelho para mim e eu devo cada linha deste trabalho a suas orientações, motivações e inspirações em toda essa caminhada. Obrigada de verdade por toda dedicação e por ter acreditado em mim.

Agradeço também ao grupo de pesquisa FLUXO, por todas as trocas tão produtivas que tivemos durante esses anos. Até mesmo as trocas nos bares que mesmo com as caipirinhas, eram muito produtivas. Ressalto meu agradecimento àqueles que tive um contato mais próximo, Jonathan, Mayara, Maria Lúcia e Lucas, levarei a amizade de vocês para sempre.

As amigas e irmãs, presentes do universo que ganhei no tempo em que morei em Florianópolis, Marinês e Luana. Quantos bons momentos passamos juntas e como nos ajudamos com palavras de afeto e motivação, vocês foram e são fundamentais para mim.

Aos amigos queridos, que são a família que escolhemos por todo apoio, amor e lealdade. Eu sou muito sortuda em ter os amigos que tenho e levarei cada um para sempre no coração. À minha amiga de infância Ediane, pelos infinitos áudios que sempre tiravam minhas risadas e me acalmavam. À minha amiga Vivian que mesmo de longe estava tão presente na minha vida, me auxiliando muito. À amiga Raquel por toda amizade e parceria deste a época da graduação. Aos amigos de Realeza/PR, a cidade que hoje vivo e sou professora, Cassiani, Mayra, Letiere e Mariane, cada um de vocês teve um papel singular na minha jornada, obrigada por me apoiarem tanto e por me proporcionarem momentos de distração, risadas, de muito amor e afeto, vocês são parte dessa conquista.

À Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), na qual sou professora, por ter me concedido um período de afastamento, essencial para a escrita e finalização da tese.

Agradeço também a professora Cecília Galvão pelo acolhimento na Universidade de Lisboa, no período em que realizei meu doutorado sanduíche em Portugal. Obrigada por me inserir em diferentes espaços, por toda atenção e conhecimentos compartilhados, jamais esquecerei dessa experiência única e tão especial da minha vida.

Com a ida a Portugal, no período que lá vivi, não poderia deixar de agradecer ao maior e inesperado presente que recebi logo que cheguei. Obrigada Filippo, por ser tão especial em minha vida e por acreditar em mim todos os dias, por todo apoio que me deu no tempo que estive lá e por tudo que você é e representa na minha vida, você me ensinou muito e ainda ensina. Agradeço também ao João Paulo e Paula, amigos que fiz na turma de doutoramento de lá, sou imensamente grata por ter conhecido vocês e manteremos sempre este laço que construímos em nossa vida. E a Mel, colega de apartamento que me fez sentir em casa no tempo que estive lá, minha gratidão pela sua parceria e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de doutorado.

Enfim, gratidão a todos aqueles que contribuíram comigo de alguma forma nestes anos.

A viagem não acaba nunca. Só os viajantes acabam. E mesmo estes podem prolongar-se em memória, em lembrança, em narrativa. Quando o visitante sentou na areia da praia e disse: “Não há mais o que ver”, saiba que não era assim. O fim de uma viagem é apenas o começo de outra. É preciso ver o que não foi visto, ver outra vez o que se viu já, ver na primavera o que se vira no verão, ver de dia o que se viu de noite, com o sol onde primeiramente a chuva caía, ver a seara verde, o fruto maduro, a pedra que mudou de lugar, a sombra que aqui não estava. É preciso voltar aos passos que foram dados, para repetir e para traçar caminhos novos ao lado deles. É preciso recomeçar a viagem. Sempre.

José Saramago

RESUMO

A circulação de temas de Ciência e Tecnologia compreende necessariamente a utilização de diferentes textos. Tratamos nesta pesquisa sobre a circulação da radioatividade enquanto fato científico, segundo a concepção de Fleck (2010), considerando que uma das formas com que esse tema circula socialmente e entra em contato com a escola ocorre por meio dos livros didáticos. Ressaltamos nesta tese, que os livros didáticos atuais de química para a educação básica são compostos por vários textos, de fontes diferentes, entre eles, aqueles que em geral são considerados como de divulgação científica, que fazem parte da ciência popular. Deste modo, a partir dos pressupostos da teoria de Fleck (2010), buscamos entender e discutir sobre a entrada da Divulgação da Ciência em livros didáticos de química considerando suas características textuais e a dimensão epistemológica que essa entrada produz, em relação ao fato científico da Radioatividade. Desta forma, consideramos nesta pesquisa, que os conhecimentos e fatos científicos para serem produzidos e mantidos necessitam do fluxo/movimento/tráfego de ideias entre diferentes coletivos de pensamentos, compostos por especialistas e não especialistas. Esses fluxos requerem necessariamente diferentes formas que Fleck sintetiza como: a ciência dos periódicos, a ciência dos manuais, a ciência popular e a ciência dos livros didáticos. Tais formas são entendidas por nós como diferentes textualizações da ciência e, portanto, constitutivas do processo de produção, circulação, manutenção e transformação dos conhecimentos. A própria gênese do fato científico da radioatividade no final do século XIX e início do século XX, se deu por meio de práticas textuais (comunicacionais e epistemológicas) mediada por estes trânsitos, como pela comunicação entre pares na ciência dos periódicos, a circulação deste tema em *Nobel lectures*, já visando um público mais amplo, e até mesmo na ciência popular. Observamos que a construção do sentido científico de radioatividade ao longo do tempo ocorreu de acordo com o contexto teórico/experimental da época, que estava associado por sua vez, a práticas textuais ligadas a outras práticas, como as experimentais. Outro aspecto que identificamos nesta tese, foi que além dos textos de divulgação científica, os livros didáticos possuem também fontes da ciência dos periódicos e da ciência dos manuais. Esta heterogeneidade, nos levou a considerar os livros didáticos de química analisados como um híbrido textual. Em relação a entrada dos textos de divulgação científica nos capítulos sobre Radioatividade nos livros analisados, vimos que na maioria das vezes essas entradas atuaram como trânsitos intracoletivos em relação ao fato da radioatividade, que por vezes, associaram este fato a outros fatos científicos e a fatos sociais, que apareciam de maneira explícita no próprio texto de divulgação científica e/ou por meio da mediação no final destes textos, através de exercícios e/ou questões. As dinâmicas de produção/manutenção de fatos científicos, por serem dinâmicas sociais, históricas e coletivas, impescindem dos textos.

Palavras-chave: Livros Didáticos. Textos de Divulgação Científica. Fleck. Radioatividade. Textualização.

ABSTRACT

Science and Technology themes circulation necessarily includes the use of different texts. On this research, we deal the radioactivity circulation as a scientific fact, accordingly to the Fleck's concept (2010), considering that one of the ways, that this topic circulates socially and reaches the schools, is the textbook. In thesis we highlight that the current chemistry textbooks for the basic education are composed of several texts, from different sources, including those generally considered to be considered as scientific divulgation, which are part of the popular science. Thus, based on the assumptions of Fleck's theory (2010), we seek to understand and discuss the entry of Science Dissemination in chemistry textbooks considering its textual characteristics and the epistemological dimension that this entry produces, in relation to the scientific fact of Radioactivity. In this way, we consider in this research, that the scientific knowledge and facts to be produced and maintained need the flow / movement / traffic of ideas between different collectives of thoughts, composed by specialists and non-specialists. These flows necessarily require different forms that Fleck synthesizes as: journals science, manuals science, popular science and textbooks science. Such forms are understood by us as different science textualizations and, therefore, constitutive of the knowledge production, circulation, maintenance and transformation. The very genesis of the scientific fact of radioactivity in the late nineteenth and early twentieth centuries was through textual practices (communicational and epistemological) mediated by these transits, in peer-to-peer communication in journal science, in the circulation of this theme in Nobel lectures, already aiming at a wider audience, and even in popular science. We observed that the construction of the scientific sense of radioactivity over time occurred according to the theoretical/experimental context of that time, which was associated with textual practices linked to other practices, such as the experimental ones. Another aspect that we identified in this thesis was that besides the texts of scientific dissemination, the textbooks also have sources of journals science and textbooks science. This heterogeneity led us to consider the analyzed chemistry textbooks as a textual hybrid. Regarding the entry of the texts of scientific divulgation in the chapters on Radioactivity in the analyzed books, we saw that in most of the times these entries acted as intracollective traffic in relation to the fact of radioactivity, which sometimes associated this fact with other scientific facts and social facts, which appeared explicitly in the text itself of scientific dissemination and/or through mediation at the end of these texts, through exercises and/or questions. The dynamics of production/maintenance of scientific facts, because they are social, historical and collective dynamics, depend on the texts for their existence.

Keywords: Textbooks. Scientific Divulgation Texts. Radioactivity. Textualization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trabalhos publicados em periódicos com foco no LD	27
Figura 2 - Representação da divulgação da ciência nas análises de Authier-Revuz..	49
Figura 3 - Representação do trânsito bidirecional entre a Ciência e o Público (círculo exotérico) na teoria Fleck	49
Figura 4 - Aparato de medição utilizado nos experimentos de Marie Curie.....	82
Figura 5 – Relação entre produtos contendo rádio e suas utilizações	99
Figura 6 - Produtos de beleza contendo rádio	100
Figura 7 - Produtos para saúde contendo rádio	100
Figura 8 - Reformas educacionais e sua relação com programas de ensino	109
Figura 9 - Distinção entre tráfego intercoletivo e intracoletivo	113
Figura 10 - Tráfego textual da ciência dos periódicos da Educação para o Livro Didático	129
Figura 11 - Abordagens dos tráfegos textuais nos Livros Didáticos.....	136
Figura 12 - Exemplo de inserção de uma questão de gênero no Livro Didático de química	137
Figura 13 - Exemplos de textos que contextualizaram o fato da Radioatividade	138
Figura 14 - Exemplo de interdisciplinaridade no LD de química	138
Figura 15 - Exemplo de um texto CTS no Livro Didático de Química	139
Figura 16 - Exemplos de imagens e esquemas inseridas nos Livros Didáticos de Química	139
Figura 17 - Exemplo de inserção de uma abordagem da história da ciência no Livro Didático de Química.....	140
Figura 18 - O Livro Didático como um texto híbrido	141
Figura 19 - Relação entre as categorias de Chevallard e Fleck.....	149
Figura 20 - Quantidade e forma de inserção dos textos de divulgação da ciência nos livros didáticos selecionados	156
Figura 21 - Texto de DC sobre radiofármacos inserido no livro didático.....	158
Figura 22 - Texto de DC sobre o acidente com césio-137 inserido no livro didático	159
Figura 23- Texto de DC sobre a interdição de uma escola na França.....	161

Figura 24 - Texto de DC sobre a descoberta do elemento químico 113 inserido no livro didático.....	162
Figura 25 - Texto de DC sobre o relato de um médico sobre os feridos em decorrência dos efeitos da bomba atômica em Hiroshima	164
Figura 26 - Texto de DC sobre a atuação de dois cientistas na construção de armas nucleares	166
Figura 27 - Texto de DC sobre as propriedades dos radionuclídeos inserido no livro didático	168
Figura 28 - Texto de DC sobre lixo radioativo inserido no livro didático	170
Figura 29 - Texto de DC sobre o acidente com césio-137 em Goiânia.....	171
Figura 30 - Texto de DC sobre a descoberta dos elementos transurânicos no LD...	172
Figura 31 - Texto de DC sobre a descoberta dos elementos transurânicos no LD...	174
Figura 32 - Texto de DC sobre a utilização da radiação nuclear para eliminação do vírus Zika.....	176
Figura 33 - Textos de DC sobre irradiação de alimentos inseridos no livro didático	177
Figura 34 - Texto de DC sobre a relação entre a dose de radiação e seus efeitos biológicos.....	179
Figura 35 - Representação dos efeitos da contaminação por radioisótopos inserido no livro didático.....	180
Figura 36 - Texto de DC sobre mulheres na ciência	182
Figura 37 - Texto de DC sobre a desistência das mulheres na carreira científica....	183
Figura 38 - Texto de DC sobre geoprocessamento inserido no livro didático	188
Figura 39 - Texto de DC sobre a datação de Carbono-14.....	189
Figura 40 - Texto de DC sobre fusão nuclear inserido no livro didático	190
Figura 41 - Textos de DC inseridos por meio de boxes "Saiba Mais"	191

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Foco das discussões sobre livros didáticos em algumas publicações	27
Quadro 2 - Características textuais e epistemológicas dos tipos de ciência.....	114
Quadro 3 - Livros Didáticos de Química que compõe nosso corpus de análise	117
Quadro 4 - Organização do tema Radioatividade e/ou Energia Nuclear nos Livros Didáticos.....	119
Quadro 5 - Caracterização dos diferentes tráfegos textuais citados nos Livros Didáticos.....	123
Quadro 6 - Tráfegos textuais da ciência popular para os Livros Didáticos	133

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC - Divulgação Científica

LD - Livro Didático

LDs - Livros Didáticos

PNLD - Plano Nacional do Livro Didático

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

CTS - Ciência Tecnologia e Sociedade

QNESC - Química Nova na Escola

MEC - Ministério da Educação

LISTA DE SÍMBOLOS

α alfa

β beta

γ gama

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	21
1 CIÊNCIA POPULAR, DIVULGAÇÃO DA CIÊNCIA E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: ELEMENTOS DA CIRCULAÇÃO E TEXTUALIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS	34
1.1 Introdução	34
1.2 A epistemologia de Ludwik Fleck e a circulação do conhecimento científico	36
1.3 Ciência popular e a divulgação científica.....	44
1.4 A questão da unidirecionalidade e bidirecionalidade na circulação do conhecimento.....	49
1.5 Implicações para a Educação Científica.....	56
1.6 Algumas Considerações.....	60
1.7 Referências	62
2 ASPECTOS DA CIRCULAÇÃO E TEXTUALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA GÊNESE DA RADIOATIVIDADE.....	65
2.1 Introdução	65
2.2 Os primeiros experimentos, seus textos e palavras	67
2.3 O surgimento de um novo sentido	77
2.4 Sobre a textualização do fenômeno nas Nobel Lectures	86
2.5 A textualização do fenômeno na Ciência Popular.....	95
2.5.1 A repercussão do rádio.....	98
2.6 Algumas Considerações.....	101
2.7 Referências	103
3 O CARÁTER HÍBRIDO DE LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: DIFERENTES TRÁFEGOS TEXTUAIS NA CIRCULAÇÃO DA RADIOATIVIDADE.....	105
3.1 Introdução	105
3.2 Breve trajetória do Livro Didático de Química	108
3.3 Contribuições de Fleck para entender o Livro Didático enquanto um texto híbrido.....	112

3.4	Dispositivo Analítico	116
3.5	Resultados e Discussões	118
3.5.1	Caracterização do tema radioatividade nos livros didáticos de Química	118
3.5.2	Os tráfegos textuais, caracterizando as fontes e funções epistemológicas dos hibridismos	123
3.5.3	Os tráfegos textuais da ciência dos periódicos para os Livros Didáticos.....	124
3.5.4	Os tráfegos textuais de periódicos da área de Educação em Ciências para os Livros Didáticos	126
3.5.5	Os tráfegos textuais da ciência dos manuais para os Livros Didáticos.....	131
3.5.6	Os tráfegos textuais da ciência popular para os Livros Didáticos	132
3.5.7	A relação entre as condições de produção e as diferentes textualizações nos Livros Didáticos	135
3.6	Algumas considerações	140
3.7	REFERÊNCIAS	143
4	A ENTRADA DE TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: A TEXTUALIZAÇÃO DA RADIOATIVIDADE ENQUANTO FATO CIENTÍFICO.....	146
4.1	Introdução	146
4.2	Perspectiva unidirecional sobre os livros didáticos	147
4.3	O caráter constitutivo dos manuais e dos livros didáticos no desenvolvimento de um fato científico.....	150
4.4	Dispositivo Analítico	154
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	156
4.5.1	Textualização do fato da radioatividade pela entrada e alocação da divulgação científica no livro didático na forma de exercícios.....	157
4.5.2	Textos de divulgação científica inseridos durante as explicações	175
4.5.3	Textualização da Divulgação Científica por meio de boxes.....	181
4.6	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	194

4.7	Referências	197
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	199
5.1	REFERÊNCIAS	205
	APÊNDICE A – Informações sobre os tráfegos textuais nos livros didáticos de Química em sua ordem de inserção em cada capítulo.....	206

INTRODUÇÃO

A circulação de temas do meio científico compreende a utilização de diferentes textos para a sua efetivação, ou seja, as temáticas científicas e os conhecimentos que delas fazem parte, circulam de diversas formas materializando-se em diferentes textos em nossa sociedade. Entre eles, encontramos um diversificado conjunto de textos que, em geral, são chamados de “divulgação científica”.

As práticas de inserção de textos de Divulgação Científica (DC) na Escola parecem ter se intensificado cada vez mais nas últimas décadas. Com o surgimento de revistas de DC no Brasil, no final do século XX e início do século XXI, como a *Ciência Hoje* (1982), *Revista Superinteressante* (1987), *Revista Galileu* (1998), *Pesquisa Fapesp* (1999), *National Geographic* (2000), entre outras, temas relacionados à Ciência e Tecnologia têm ganhado mais espaço e destaque em algumas propostas de ensino na área de Ciências.

Além disso, com o advento das tecnologias de informação e comunicação e a facilidade do acesso à internet em grande parte do país, entrar em contato com textos de DC por meio de uma busca simples na rede também pode ter favorecido a entrada destes textos nas Escolas. Além de textos de revistas, hoje há muitos canais no *youtube*, páginas no *facebook* e *blogs*, nas quais muitos jornalistas, professores e até mesmo cientistas começaram a desenvolver um trabalho de divulgação de temas de Ciência e Tecnologia sobre as mais diversas perspectivas em seus canais ou perfis pessoais nas redes sociais ou específicos para isso.

No contexto atual, há uma grande quantidade de diferentes textualizações da DC e a entrada destes textos na Escola se dá por diferentes meios, como em questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), levados por professores e estudantes, questões de vestibulares, revistas de DC, livros de DC, e pelos próprios livros didáticos.

O interesse pela temática proposta nesta tese surgiu de uma experiência de quando ainda graduanda em Química/Licenciatura¹. Durante a graduação pude participar de uma disciplina optativa intitulada “A educação em espaços formais, não-formais e a divulgação científica”. Nessa disciplina houveram diversas discussões a respeito do discurso utilizado pelas diferentes mídias ao divulgar assuntos relacionados a Ciência e Tecnologia, principalmente por meio de textos provenientes de revistas.

¹ Disciplina cursada no curso de Licenciatura em Química, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná-campus de Toledo, no ano de 2012.

Essas discussões me motivaram a pensar sobre a importância da inserção da Divulgação Científica em sala de aula, e foi motivo para aprofundar esse tema em minha dissertação de mestrado intitulada: “*Textos de divulgação científica e as histórias em quadrinhos: um estudo das interpretações de estudantes do ensino médio*” (FIORESI, 2016). A proposta de análise se baseou na produção de Histórias em Quadrinhos, realizada por estudantes do Ensino Médio de uma escola pública, com vistas a investigar a forma como os mesmos, divulgariam determinado assunto da ciência a partir da leitura de textos de DC previamente escolhidos, ou seja, a intenção foi de verificar as percepções de ciência e tecnologia que os estudantes produzem a partir da leitura de um texto de divulgação da ciência.

Nesta imersão, foi possível verificar a falta de familiaridade destes estudantes com textos de DC. Supomos que, muitas vezes, a falta de tempo e recursos impedem que professores realizem a mediação com esta forma textual e foi então que ao perceber que estes textos fazem parte da constituição do próprio livro didático, o anseio em investigar como ocorre a entrada de tais textos neste material, que faz parte da rotina escolar dos estudantes.

Assim, nesta tese nosso objeto de pesquisa foi investigar a entrada da divulgação científica em livros didáticos, ou seja, como se dá o fluxo de textos de divulgação da ciência na escola, mediada por sua inserção em livros didáticos de química.

Deste modo, em meio a todas essas formas de circulação do conhecimento, destacamos nesta pesquisa os livros didáticos (LDs), pois, são o principal instrumento de leitura, fonte de atividades e organização do conhecimento escolar nas escolas brasileiras. Agora a intenção não está voltada a analisar a interação dos estudantes com o texto de DC, mas sim em entender as características textuais e o papel epistemológico destes textos na sua relação com os conceitos.

A importância dos LDs já foi reconhecida, desde publicação de “*A Estrutura das Revoluções Científicas*” (KUHN, 1996), como um instrumento importante na estruturação e no desenvolvimento da ciência, enfatizando que os mesmos “[...] são responsáveis por estruturar as disciplinas científicas e por determinar os métodos e os problemas a que os futuros cientistas devem manter-se circunscritos” (LIMA, 2018, p. 2).

As discussões sobre o papel de livros didáticos na história da ciência e sobre seu papel constitutivo na produção de conhecimentos também tem crescido nas últimas décadas, como podemos ver em trabalhos como os de Bensaude-Vincent (1990, 2006, 2007, 2009), o

trabalho de Olesko (2016) com sua investigação sobre os livros didáticos como pontos fulcrais para muitas das contingências históricas que moldam tanto a prática científica quanto os papéis da Ciência e dos cientistas na sociedade, e também o estudo sobre a relação entre Educação e livros didáticos por Simon e García-Belmar (2016).

Tais estudos nos ajudam, de certa maneira, entender o encontro entre divulgação da ciência e livro didático de química, por não considerá-los aquém do processo de produção de conhecimentos científicos. Ponto que se relaciona também com a epistemologia de Fleck (2010), a qual utilizamos para entender o encontro entre DC e LD, tendo em vista que, para este autor, diferentes textualizações como a da ciência dos periódicos, ciência dos manuais, ciência popular e a ciência dos livros didáticos fazem parte da produção dos fatos científicos e nenhuma delas deve ser vista a margem deste processo. Para Fleck (2010), a produção e manutenção dos fatos científicos se dá por meio de tráfegos de ideias e pensamentos entre coletivos distintos na sociedade, que podem ser diferenciados entre círculo esotérico (formado pelos especialistas) e pelo círculo exotérico (formado pelo público leigo).

Para haver uma comunicação entre esses diferentes círculos é necessário que tais textualizações citadas anteriormente assumam certas características e formas, que fazem parte da constituição do modo como os conhecimentos são produzidos, como eles circulam e como se mantêm ou se modificam. Todavia, além de considerar essas características Fleck assume que nessas trocas intracoletivas ou intercoletivas entre esses diferentes círculos, estas textualizações possuem igualmente um papel epistemológico na produção, manutenção, modificação e estabilização dos fatos científicos. Tais trocas contribuem não apenas para ampliar o conhecimento de uma área, “[...] mas também condicionam as formas de colocar os problemas, de fazer uso de equipamentos, das técnicas, dos procedimentos de controle, o emprego do vocabulário técnico, da linguagem específica, enfim, do ensino e aprendizagem da área” (MASSONI; MOREIRA, 2005, p. 259).

É importante enfatizar que tratamos nesta pesquisa sobre a circulação e textualização do fato da Radioatividade. Sendo que, uma das formas com que esse tema circula socialmente e entra em contato com a escola ocorre por meio dos LDs.

A relevância deste tema pode ser justificada, por exemplo, ao destacarmos as pesquisas desenvolvidas no final do século XIX e início do século XX, sobre este fenômeno que geraram grandes avanços na área da Química, pois foi possível entender aspectos desconhecidos sobre a estrutura da matéria, que culminaram na compreensão do núcleo atômico e abriram caminhos para diversos outros estudos. No campo da Física não foi

diferente, a partir dos estudos sobre este fenômeno uma nova área de conhecimento denominada de Física Moderna e Contemporânea surgiu, esta por sua vez, abriu caminhos para Física Nuclear e de Partículas. Podemos considerar, desta forma, a radioatividade como um tema de fronteira entre a Química e a Física que contribuí até mesmo para área de Biologia no modo que explica a interferência e efeitos deste tipo de radiação nos organismos.

Não só a radioatividade, como também a descoberta dos raios-X e do elétron movimentaram a comunidade científica na época, o que,

[...] culminou em novas concepções científicas. Notou-se que a estrutura mais fundamental da matéria, o átomo, era composta de estruturas ainda menores, e guardava consigo enorme energia, conceito que recentemente passara a ser compreendido como uma grandeza não mais contínua, mas, sim, discreta (CORDEIRO; PEDUZZI, 2011, p. 1).

Outro ponto relevante a se pontuar, é que a radioatividade frequentemente gera certa aversão nas pessoas, esse fato pode ocorrer devido as aproximações que a mesma possui, devido à sua ampla circulação na mídia, com episódios históricos trágicos, como a morte e/ou contaminação de pessoas expostas a radiação de bombas atômicas e/ou acidentes em usinas nucleares. Em contrapartida, outras perspectivas que circulam sobre o tema são os avanços e aplicações da radioatividade, tanto na medicina como em outros segmentos da nossa sociedade.

Além disso, a radioatividade está entre os conceitos do conhecimento científico pouco conhecidos ou considerados complexos para compreensão. As opiniões a seu respeito são, muitas vezes, apresentadas sem o conhecimento científico adequado e facilmente há avaliações errôneas sobre o tema, tendo essa desinformação raízes na formação básica. Já no ensino superior, apenas em algumas áreas das Ciências Exatas como a Física e a Química, o assunto é discutido com maior aprofundamento, significando que se não for formado na área de exatas, o estudante que só terá entrado em contato com o conhecimento sobre radioatividade no ensino básico, conhecendo muito pouco sobre o assunto (CARDOSO; COSTA, 2012).

Em pesquisa realizada sobre a compreensão pública dos riscos da radiação, Wynne (2005) observou que os aprendizes de Sellafield (usina de reprocessamento de material nuclear, localizada na Inglaterra), sabiam muito pouco ou nada sobre os processos radioativos básicos, como, por exemplo, as propriedades das radiações alfa, beta e gama. E o mais importante, na verdade, é que não sentiam necessidade alguma de saber. Os trabalhadores

sabiam apenas procedimentos organizacionais e não a ciência, a confiança estava toda depositada nos cientistas, ou seja, na instituição. Para este autor, “[...] para ampliar a compreensão pública da ciência, precisamos estimular uma maior conscientização e um maior debate sobre as formas institucionais, nas quais o conhecimento é apresentado e criado (WYNNE, 2005, p. 39).

Trata-se desta forma, de um tema científico de relevância social, cultural e tecnológica, que o torna importante de ser abordado na escola, além de ser um tema de ampla circulação na sociedade.

Portanto, nesta pesquisa tratamos de investigar a circulação deste tema em livros didáticos por meio de textos com fontes externas, o que queremos dizer é que a maioria dos livros didáticos atuais apresenta uma heterogeneidade quanto às fontes, incluindo explicitamente em sua forma, organização, estruturação, textos originados de outras fontes, entre elas, fontes de DC. É esta inclusão, de “um outro” tipo de texto, produzido em outro contexto, dentro da estrutura do livro didático, que pretendemos analisar nesta pesquisa, suas formas, suas condições de produção e sua relação com a radioatividade, enquanto fato científico.

Se pensarmos no âmbito educacional, vários pesquisadores da área têm se dedicado a entender as potencialidades e/ou fragilidades da DC em diferentes perspectivas. No que diz respeito a DC no contexto da formação inicial de professores de ciências: Nascimento (2005, 2008), Strack, Lorguércio, Del Pino (2009), Almeida et. al. (2009), Ferreira (2012a), Ferreira e Queiroz (2012b), Zanotello e Almeida (2013), Gomes et al. (2016), Lima e Giordan (2018), e ainda aspectos da DC no contexto escolar: Almeida (2000), Cunha e Giordan (2009), Almeida e Silva (2005), Souza (2017), entre outros trabalhos.

Ao analisar os trabalhos que possuem a DC como objetos de investigação, Nascimento (2005) menciona que poucos destes estudos tem se dedicado a reflexões teóricas acerca do contexto de produção da DC, mas sobre aspectos relacionados à utilização de textos de revistas e jornais em sala de aula. Se olharmos para os trabalhos supracitados que trabalharam com a DC no contexto da formação inicial de professores da área de Ciências, observamos diferentes perspectivas voltadas para atividades de mediação de leitura de textos de DC com licenciandos. No contexto da Educação Básica, as mediações de leitura foram desenvolvidas com estudantes do Ensino Médio. Os focos destes estudos estão no texto e na sua relação com o ensino como recurso didático, a partir das leituras dos alunos, ou seja, no leitor, nas suas leituras e na interação aluno-texto.

Assim, não encontramos nenhum trabalho que se preocupasse com a questão da circulação do conhecimento por meio do movimento de entrada de diferentes textos de DC inseridos em LDs de Química. Encontramos somente uma pesquisa que se aproxima de alguma forma da nossa, realizada por Souza (2017), que consistiu em analisar textos de DC referentes à biologia animal em LDs de Biologia para o Ensino Médio. O objetivo desta investigação foi de analisar estes textos, descrevendo aspectos de seu conteúdo temático, estilo verbal e construção composicional, para identificar distorções na visão de Natureza da Ciência que comprometam suas finalidades didáticas. Todavia, a aproximação com nossa pesquisa se dá apenas na questão dos tipos de textos analisados, neste caso, o da DC e o LD. Pois, nosso olhar teórico-metodológico é totalmente distinto, porque nos preocupamos com os aspectos textuais e epistemológicos do trânsito destes textos implicado no tema da Radioatividade, e os autores do trabalho supracitado, com os aspectos sobre a visão de ciência que estes textos possibilitam. Outro ponto distinto é que o trabalho de Souza (2017) analisa os textos de DC em si, que estão no LD e não a relação DC/LD que produz uma textualização híbrida.

Olhando agora para alguns trabalhos que se preocupam com os LDs, nas mais diversas perspectivas da Educação em Ciências, trazemos algumas pesquisas que voltaram seu olhar para entender este objeto de alguma maneira. Para isso, consideramos pertinente apresentar o levantamento bibliográfico realizado por Schirmer e Sauerwein (2017). Este trabalho consistiu em identificar as publicações relacionadas a LDs mediante busca em título, resumo e palavras-chave. A busca levou em conta os termos “livro”, “livro didático”, “manual” e seus plurais que identifiquem os trabalhos com LD, em alguns dos principais periódicos de disseminação de conhecimento na área de Ensino de Ciências e de Física².

Os autores identificaram 72 artigos relacionados ao LD em sua busca, que podem ser melhor visualizados na figura 1.

² Ciência e Ensino (C&E); Ensaio; Investigações em Ensino de Ciências (IENCI); Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências (RBPEC); Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e Cadernos Brasileiros de Ensino de Física (CBEF).

Figura 1 - Trabalhos publicados em periódicos com foco no LD

Periódico	Total de trabalhos	Sobre LD	% sobre LD
C&E	376	21	5,6
Ensaio	227	15	6,6
IENCI	205	13	6,3
RBPEC	208	10	4,8
RBEF	607	8	1,3
CBEF	246	5	2,0
Total	1869	72	3,8

Fonte: Schirmer e Sauerwein (2017, p. 27).

Após esta seleção inicial, os autores identificaram quais foram os focos de cada um deles, ou seja, quais os principais aspectos relacionados ao LD que estavam sendo abordados. O quadro 1 sistematiza estes elementos supracitados.

Quadro 1 - Foco das discussões sobre livros didáticos em algumas publicações

Categoria	Periódicos	Alguns autores
Aspectos conceituais	40	Assis, Pimenta e Schall (2013); Martins, Santos e El-Hani (2012); Silva et al. (2013).
Inovações, recursos, estratégias e formas de abordagem nos LDs	12	Souza, Filho e Grandini (2003);
Escolha, funções e papel do LD	4	Rosa (2013); Souza e Garcia (2013).
Aspectos linguísticos	6	Martins e Dickman (2013); Pereira, Beltrán e Nuñez (2013).
Aspectos avaliativos de LD	1	Santos e Mól (2007); Trebien e Garcia (2012).
Levantamentos em publicações	1	Fernandes e Gouvêa (2011);

História e políticas do LD	8	Sampaio e Santos (2007); Braga, Guerra e Reis (2008).
----------------------------	---	---

Fonte: Adaptado de Schirmer e Sauerwein (2017, p. 28)

Há, desta forma, segundo Schirmer e Sauerwein (2017), a predominância de trabalhos que envolvem análise de aspectos conceituais nas publicações correspondendo a mais da metade das publicações relacionadas a LDs: “Os resultados também evidenciam que praticamente 20% das pesquisas preocupam-se com inovações, recursos, estratégias e formas de abordagem nos LD, o que demonstra um interesse da área em contemplar, além do conteúdo, a forma de ensinar esses conteúdos” (SCHIRMER; SAUERWEIN, 2017, p. 28). A categoria de escolha, funções e papel do LD representa 10% (40 publicações) das investigações identificadas nos periódicos e eventos da área de Ensino analisados.

Neste levantamento, os 72 artigos propõem temáticas de investigação muito pertinentes e interessantes para seus focos de análise. Porém, reforçamos como explicitado inicialmente que em nenhum deles houve a preocupação em entender o tráfego/trânsito/fluxo/circulação e constituição textual dos conhecimentos, relacionando forma e papel epistemológico, tão pouco o que a entrada da DC no LD pode intervir nessa constituição.

Muitos trabalhos publicados na área de Ensino de Ciências, historicamente, possuem uma postura de crítica ao material e à postura do professor em apenas utilizá-lo. Não queremos dizer que estas análises não possuem sua relevância em relação a seus diversos objetos de estudo. Todavia, é necessário ir além dos aspectos conteudistas destes livros e entendê-lo como constitutivo na produção de conhecimentos.

Assim, a análise de LDs é importante para compreender a produção do conhecimento escolar, para proporcionar subsídios a professores e formadores para constituição de sua autonomia frente ao seu trabalho pedagógico e formas de mediação de leituras pelos estudantes.

DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS DE PESQUISA

Neste sentido, pontuamos o foco na textualização, ou seja, simultaneamente o texto, em sua forma, suas condições de produção e seu papel epistemológico em relação ao fato da radioatividade. Além das condições de produção da constituição do texto de DC, lidamos também com outro conjunto de condições, a inserção deste texto nos livros didáticos de química, textos diferentes, produzidos em condições diferentes, que em determinado momento se cruzam na forma de encaixes.

Diante disto, podemos levantar os seguintes questionamentos, que compõem nosso problema de pesquisa: *Como o tema da Radioatividade circula em livros didáticos de química por meio da entrada de textos de Divulgação Científica? Em que condições de produção se dá o encontro entre Divulgação Científica e Livro Didático? E qual poderia ser o papel epistemológico destes textos em relação ao fato científico da Radioatividade?*

Objetivo geral

Investigar a entrada e alocação de textos de Divulgação Científica em Livros Didáticos de Química buscando compreender os trâfegos como textualização e circulação da Radioatividade enquanto fato científico.

Objetivos específicos

- Desenvolver a questão da divulgação científica em sua dimensão epistemológica e comunicacional;
- Investigar como ocorreu a gênese e desenvolvimento da radioatividade enquanto fato científico, com foco nas relações entre os experimentos e textos que circularam na sua origem;
- Identificar as características de diferentes textos inseridos em livros didáticos de química, ou seja, seu hibridismo, em seus papéis epistemológicos e as condições de produção desta inserção na produção/manutenção da radioatividade enquanto fato científico;

- Analisar os tráfegos textuais da ciência popular que ocorrem em livros didáticos de química, por meio da inserção de textos de divulgação científica relacionados com a radioatividade.

Cada um destes objetivos específicos está articulado ao objetivo geral da pesquisa e com os capítulos desta tese. É importante considerar também que os capítulos estão estruturados como esboços de artigos. Assim, no primeiro capítulo, “*Ciência Popular, Divulgação da Ciência e educação científica: elementos da circulação e textualização de conhecimentos científicos*”, apresentamos e defendemos um modelo teórico que toma a DC como parte de um processo amplo de produção, circulação e textualização do conhecimento científico como aspectos imbricados e inseparáveis. Para tanto, realizamos uma articulação entre um autor do campo da epistemologia, Ludwick Fleck (2010) e uma autora do campo da linguagem Authier-Revuz (1998), colocando em diálogo ainda, outros autores. Em Fleck buscamos compreender as características textuais e papéis epistemológicos de diferentes textos na produção dos fatos científicos, desenvolvendo o conceito de ciência popular a partir do que foi trazido pelo autor. E em Authier-Revuz (1998), destacamos os aspectos apontados pela autora sobre o ponto de vista discursivo sobre a DC. Com isso, buscamos construir uma concepção de DC que integre e articule essas dimensões. Neste desenvolvimento, articulação e derivação teórica, a noção de fato científico ganha especial relevância.

No segundo capítulo, “*Aspectos da circulação e textualização do conhecimento científico na gênese da radioatividade*”, buscamos entender a construção da radioatividade em seu nascimento, de acordo com seu contexto de produção, basicamente entre os anos de 1896 e 1905. A gênese do fato científico da radioatividade se dá por meio de práticas textuais (comunicacionais e epistemológicas) que mediam trânsitos de ideias, mas sempre associadas a práticas experimentais. O conhecimento (radioatividade) ocorre em uma esfera social e, portanto, coletiva num determinado tempo, situado em um contexto histórico. Ao olhar para sua gênese, procuramos entender a construção do sentido científico de radioatividade ao longo do tempo de acordo com o contexto teórico/experimental da época, que estão associados por sua vez, a práticas textuais, com foco nas palavras e termos utilizados para designar as interpretações realizadas. Assim, neste capítulo, emergem a visibilidade das relações entre

textos e experimentos, práticas textuais e práticas experimentais, a partir da concepção de Fleck, e no diálogo com a historiografia da ciência.

Levando em consideração a heterogeneidade de textos que compõem os LDs de química, no terceiro capítulo, *“O caráter híbrido de Livros Didáticos de Química: diferentes tráfegos textuais na circulação da radioatividade”*, analisamos os diferentes tráfegos textuais provenientes da ciência dos periódicos, da ciência dos manuais e da ciência popular, que compõe os LDs de química. A partir de Fleck (2010) temos que o fato científico se forma a partir dos tráfegos inter e intracoletivos de pensamento. Analisamos LDs buscando responder: qual o papel dos diferentes textos na produção/manutenção do fato da radioatividade? Compreendemos as textualizações destes trânsitos como processos que envolvem simultaneamente as dimensões comunicacional e epistemológica.

Um aprofundamento das discussões deste capítulo foi realizado no quarto capítulo, *“A entrada de textos de divulgação científica em livros didáticos de química: a textualização da radioatividade enquanto fato científico”*, agora tendo como recorte apenas os tráfegos textuais da ciência popular por meio da divulgação da científica nos LDs de química. Isto porque são nestes trânsitos que ocorrem a relação mais estreita entre ciência e sociedade. Além disso, defendemos que não há produção de fatos científicos sem estes tráfegos, formados por textos, palavras e imagens. Nosso foco principal está em observar como cada entrada da DC, ou seja, os trânsitos textuais implicam em um trânsito não só textual, mas que envolvem também uma dimensão epistemológica em relação a esse fato científico.

O trabalho se conclui com considerações e discussões de subsídios que podem contribuir para leituras e práticas de professores, futuros professores e seus formadores, enquanto mediadores de leituras de livros didáticos de química, na medida em que devemos dar visibilidade a essa heterogeneidade de textos que o compõe tornando-o um híbrido textual, em seus aspectos textuais e epistemológicos, resultado dos focos de nossas discussões sobre o papel das diferentes textualizações na composição dos livros didáticos de química.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M. O texto escrito na educação em física: enfoque na divulgação científica. In: M. J. P. M. Almeida & H. C. Silva. **Linguagens, leituras e ensino da ciência**. Campinas, SP: Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil. p. 53 - 68, 2000.

BENSAUDE-VINCENT, B. A historical perspective on science and its “others”. **Isis**, 100(2), 359 - 368, 2009.

BENSAUDE-VINCENT, B. A View of the Chemical Revolution through Contemporary Textbooks: Lavoisier, Fourcroy and Chaptal. **The British Journal for the History of Science**, 23(4), p. 435 - 460, 1990.

BENSAUDE-VINCENT, B. College Chemistry: how a textbook can reveal the values embedded in chemistry. **Endeavour**, v. 31, n. 4, p. 140 - 144, 2007.

BENSAUDE-VINCENT, B. Textbooks on the map of science studies. **Science & Education**, 15(7-8), 667 - 670, 2006.

CARDOSO, H. C.; COSTA, S. Representações Sociais sobre Radioatividade dos alunos do Ensino Médio. **Revista Técnico Científica do IFSC**, v. 1, n. 2, p. 401, 2012.

CUNHA, M. B.; GIORDAN, M. A percepção dos estudantes sobre ciência e tecnologia: uma análise em Vigotski. In: **Revista Enseñanza de las Ciencias**, número extra, p. 454 - 457, 2009.

FERREIRA, L. N. A. **Textos de divulgação científica para o ensino de química: características e possibilidades**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de São Carlos, 2012a.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Perguntas elaboradas por graduandos em Química a partir da leitura de textos de divulgação científica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.12, n.1, p. 139 - 160, 2012b.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

GARCIA-BELMAR, A.; SIMON, J. Education and textbooks. **Technology and culture**, v. 57, n. 4, p. 940 - 950, 2016.

GOMES, V. B.; SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. Elaboração de textos de divulgação científica e sua avaliação por alunos de Licenciatura em Química. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 4, p. 387 - 403, 2016.

LIMA, G. S.; GIORDAN, M. O movimento docente para o uso da divulgação científica em sala de aula: um modelo a partir da Teoria da Atividade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 493 - 520, 2018.

LIMA, N. W. **O lado oculto do fóton: a estabilização de um actante mediada por diferentes gêneros do discurso.** Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

NASCIMENTO, T. G. Contribuições da análise do discurso e da epistemologia de Fleck para a compreensão da divulgação científica e sua introdução em aulas de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2005.

OLESKO, K. M. Science Pedagogy as a Category of Historical Analysis: Past, Present, and Future. **Science & Education**. p.863 - 880, 2006.

SCHIRMER, S. B.; SAUERWEIN, I. P. S. Livros didáticos em publicações na área de ensino: contribuições para análise e escolha. **Investigações em ensino de ciências**. Porto Alegre. Vol. 22, n. 1 (abr. 2017), p. 23 - 41, 2017.

SILVA, H. C; ALMEIDA, M. J. P. M. O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 1 - 25, 2005.

SOUZA, P. H. R. **Análise dos textos de Divulgação Científica referentes a Biologia animal em livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio.** Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, 2017.

STRACK, R.; LOGUERCIO, R.; DEL PINO, J. C. Percepções de professores de ensino superior sobre a literatura de divulgação científica. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 2, p. 425 - 442, 2009.

WYNNE, B. Saberes em contexto. **Terra incógnita: a interface entre ciência e público.** Rio de Janeiro: Casa de Ciências/UFRJ, 2005.

ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. Leitura de um texto de divulgação científica em uma disciplina de física básica na educação superior. **Ensaio- Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 113 - 130, 2013.

1 CIÊNCIA POPULAR, DIVULGAÇÃO DA CIÊNCIA E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: ELEMENTOS DA CIRCULAÇÃO E TEXTUALIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS

1.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo tecemos uma reflexão teórica sobre a noção de divulgação científica, derivando uma concepção que julgamos contribuir para constituir relações com a educação em ciências.

Como ponto de partida, consideramos que a circulação social de ideias, temas e conhecimentos do campo científico compreendem necessariamente diferentes textualizações, ou seja, as temáticas científicas, ao circularem de diversas formas e em diversos contextos, se materializam em diferentes textos em nossa sociedade, seja na forma de artigos em periódicos especializados, seja na forma de manuais e livros didáticos, seja nas formas mais populares chamadas de *divulgação científica*. Nesta tese, entendemos que a *textualização*, está intimamente ligada à sua forma de circulação, suas condições de produção e seu papel epistemológico na formação e manutenção dos fatos científicos.

Para Silva (2019, p. 18),

A textualização do conhecimento é um processo ininterrupto, inescapável, diversificado e entrelaçado. Toda vez que se tome a palavra, toda vez que se faça um diagrama, que se enquadre e ligue uma câmera e se editem suas imagens e sons, toda vez que se escreva uma equação que remeta a algo que não ela mesma, toda vez que se escreva uma equação que remeta a um *objeto do mundo*, têm-se uma prática textual.

Portanto, “[...] é o pensamento em circulação que produz conhecimento e não a circulação de um produto já construído. Não há circulação de pensamento sem a materialidade e a regularidade das práticas, entre elas, as práticas que mobilizam formas simbólico-textuais” (SILVA, 2018, p.16).

Entre os diversos tipos de textualizações, que constituem os conhecimentos científicos enquanto os colocam em circulação, centramos nossa discussão sobre um diversificado conjunto de textos, associado à um conjunto muito amplo e diversificado de atividades sociais, denominados de Divulgação Científica (DC).

No âmbito da Educação em Ciências, são vários os pesquisadores e pesquisadoras que têm dedicado seus estudos ao entendimento das potencialidades e/ou fragilidades da DC

em contextos educacionais formais, informais e não-formais sob diferentes perspectivas. No que diz respeito à DC em museus e centros de ciências podemos citar os trabalhos de Marandino (2004, 2008, 2009). Sobre a DC no contexto da formação de professores de ciências Nascimento (2005), Nascimento e Resende (2010), Ferreira e Queiroz (2012), Lima (2016), Lima e Giordan (2017, 2018) e, ainda, aspectos da DC no contexto escolar, Almeida e Silva (2005), Cunha e Giordan (2009), Almeida (2010), Lobo e Martins (2013), Pagliarini e Almeida (2015), Correia e Sauerwein (2016), Fioresi e Cunha (2019), entre outros trabalhos.

Muitas vezes, a aparente obviedade da expressão “*divulgação científica*” torna distante a associação de sua compreensão com um conjunto de representações e valores sobre a própria ciência. Ao discutir sobre a dificuldade de definição sobre esse termo, Silva (2006, p. 53) aponta que a “[...] divulgação científica, longe de designar um tipo específico de texto, está relacionada à forma como o conhecimento científico é produzido, como ele é formulado e como ele circula numa sociedade como a nossa.”

Neste capítulo tomamos como objetivo discutir, apresentar e defender um modelo teórico que considera a DC como parte de um processo amplo de produção, circulação e textualização do conhecimento científico. Para tanto, buscamos estabelecer uma articulação entre um autor do campo da epistemologia, Ludwick Fleck (2010) e uma autora do campo da linguagem, Authier-Revuz (1998), em um trabalho que ela analisa um *corpus* específico de textos de divulgação científica. Fleck nos possibilita compreender as características e papéis epistemológicos de diferentes textos na produção dos fatos científicos. Já Authier-Revuz (1998), nos aponta alguns aspectos do funcionamento discursivo da DC. Com isso, buscamos construir uma abordagem de DC que permita pensá-la tanto em suas características linguísticas e discursivas, quanto em sua dimensão epistemológica. Esta articulação, no entanto, é tecida sob uma perspectiva mais ampla, considerando produção, circulação e textualização dos conhecimentos como aspectos interligados e inseparáveis.

Em Fleck (2010) temos uma teoria da produção da ciência, cujo elemento constitutivo fundamental são os processos de circulação (tráfegos) de ideias que simultaneamente constituem posições de sujeitos e objetos de conhecimento, a partir de estilos de pensamento específicos e dos trânsitos que reforçam um estilo, ou entre diferentes estilos, produzindo modificações.

Fleck não utiliza o termo DC, porém, o que queremos desenvolver neste diálogo são as aproximações deste tipo de textualização com a noção de *ciência popular* trazida por ele, pois esta inclui a dimensão textual e a dimensão epistemológica. Defendemos nesta tese que

tanto a DC como a ciência popular fazem parte da produção do conhecimento científico, sendo constitutivos de todo processo e que não podem ser vistos à margem desta produção.

Este trabalho deriva, portanto, da necessidade de uma compreensão da DC de um ponto de vista tanto epistemológico quanto de fenômeno de linguagem e, portanto, social e textual. Assim, repercutindo com potencial para análise, seleção e uso destes textos no contexto da educação em ciências, e, para pensar nosso objeto de pesquisa: investigar a entrada e alocação de Textos de Divulgação Científica em Livros Didáticos de Química, buscando compreender estes trâfegos como textualização e circulação da Radioatividade, enquanto fato científico.

Inicialmente, aprofundamos alguns conceitos de Fleck para tecer algumas reflexões teóricas sobre a noção de *ciência popular*, procurando pontos de aproximações e distanciamentos com relação à noção de DC sob o ponto de vista do discurso trazido principalmente por Authier-Revuz. Em seguida, questionamos a concepção de unidirecionalidade presente em certas definições de DC, trazendo as discussões sobre o modelo do *déficit* e sobre o modelo emergente de DC, tal como apontado por outros autores. Por fim, tecemos considerações sobre as implicações e potenciais desse modelo teórico para a Educação em Ciências.

1.2 A EPISTEMOLOGIA DE LUDWIK FLECK E A CIRCULAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Podemos considerar Fleck³ um autor que realiza um entrelaçamento entre linguagem e epistemologia, construindo uma teoria que nos permite pensar o conhecimento científico em termos de circulação e textualização de ideias e pensamentos na produção dos fatos científicos.

³ Fleck (1896-1961) era médico e microbiologista polonês de família judaica. Nasceu em Lwów na Ucrânia que na época pertencia ao império Austro-Húngaro. A cidade se tornou polonesa em 1919, ocupada pelo exército soviético em 1939 e tomada pelos alemães em 1941. Em 1945, após a segunda guerra, se tornou parte da República Socialista Soviética Ucraniana. De 1914 a 1920 Fleck estudou medicina e de 1923 a 1928 trabalhou no hospital geral da cidade de Lwow onde se tornou diretor do laboratório do departamento de dermatologia e doenças venéreas, familiarizando-se assim com a reação de Wassermann e especialista em Tifo (LÖWY, 2012). Fleck e sua família foram para Auschwitz em 1941 onde coordenou um laboratório de bacteriologia e, logo depois, foi mandado para Buchenwald como especialista em Tifo, para produzir vacina, o que garantiu a sobrevivência dele e da família durante o nazismo.

Em seu livro “Gênese e desenvolvimento de um fato científico”, publicado em 1935, mas conhecido apenas a partir da década de 1960, Fleck desenvolveu um estudo da gênese da reação de Wassermann, ligada à sífilis, valorizando o contexto científico, em suas dimensões social e epistemológica, dando relevância ao papel da linguagem na construção dos fatos científicos. Para ele,

O processo do conhecimento representa a atividade humana que mais depende das condições sociais, e o conhecimento é o produto social por excelência. Já na estrutura da linguagem reside uma filosofia imperiosa da comunidade, já numa única palavra se encontram teorias emaranhadas. A quem pertencem essas filosofias, a quem pertencem essas teorias? (FLECK, 2010, p. 85).

Ao analisar como ocorre a introdução de um cientista em uma nova forma de pensar, ou, em um novo estilo de pensamento, Fleck adiciona em sua análise, aspectos relativos à questões sociais da investigação científica desenvolvendo suas principais categorias epistemológicas, se opondo ao positivismo lógico do Círculo de Viena (DELIZOICOV et al., 2002).

A ciência para Fleck é, essencialmente, uma atividade organizada pelas comunidades de pesquisadores. Parece ter sido um dos primeiros autores a aplicar sistematicamente princípios da sociologia à compreensão da produção do conhecimento científico. A história das pesquisas sobre sífilis relatadas pelo autor explora a questão do trabalho científico como algo coletivo, já que todas as etapas do desenvolvimento do conceito de sífilis não derivaram da simples soma de ideias individuais. Se a construção de um fato científico implica experimentos, coleta e análises de dados empíricos, as trocas de ideias e, portanto, processos de linguagem e de produção textual são igualmente constitutivos dessa produção, daí reside o papel da *textualização* na produção de conhecimentos.

Como ocorre o surgimento de um fato científico novo? “[...] primeiro um sinal de resistência no pensamento inicial caótico, depois uma certa coerção de pensamento e, finalmente, uma forma (Gestalt) a ser percebida de maneira imediata” (FLECK, 2010, p. 144). Um fato científico depende sempre de um estilo de pensamento, novos fatos implicam em novos estilos, decorrendo das relações históricas do pensamento.

[...] algo já conhecido influencia a maneira do conhecimento novo; o processo do conhecimento amplia, renova e refresca o sentido do conhecido. Por isso, o processo de conhecimento não é o processo individual de uma “consciência em si” teórica; é o resultado de uma atividade social, uma vez

que o respectivo estado do saber ultrapassa os limites dados a um indivíduo (FLECK, 2010, p.81-82).

Assim, Fleck introduz a noção de coletivo de pensamento e o define como a comunidade de pessoas que trocam e/ou compartilham um mesmo estilo de pensamento, “[...] temos, em cada uma dessas pessoas, um portador do desenvolvimento histórico de uma área de pensamento, de um determinado estado do saber e da cultura, ou seja, de um estilo específico de pensamento” (FLECK, 2010, p. 82).

Ao problematizar a introdução de um cientista numa nova forma de pensar, Fleck desenvolve o conceito de estilo de pensamento, marcado por características comuns dos problemas, que interessam a um determinado coletivo de pensamento. Além disso, cada estilo de pensamento possui seus efeitos práticos (aplicação), ou seja, qualquer pensamento é aplicável de acordo com a atividade profissional, pois, problemas práticos semelhantes podem ser resolvidos de maneira diferente.

Para exemplificar esta situação, o autor apresenta, por analogia, o caso de uma rachadura no revestimento de uma parede que é vista de forma diferente por um pintor e por um pedreiro. O que Fleck quer dizer é que de acordo com a especialidade de cada um, o modo de perceber e entender os fenômenos, que pode ser chamado de estilo de pensamento, é diferente. Neste caso, o pintor irá se preocupar com a parte estética da parede, já o pedreiro com a causa da rachadura. O aspecto estilístico do pensamento dos mesmos aparece em cada aplicação.

Os pensamentos circulam de indivíduo a indivíduo, sempre com algumas modificações, pois outros indivíduos fazem outras associações. A rigor, o receptor nunca entende um pensamento da maneira como o emissor quer que seja entendido. Após uma série dessas peregrinações, não sobra praticamente nada do conteúdo original. De quem é o pensamento que continua circulando? Nada mais é do que um pensamento coletivo, um pensamento que não pertence a nenhum indivíduo (FLECK, 2010, p. 85, grifo nosso).

Outro ponto importante a ser considerado é que quando um estilo de pensamento está muito distante do nosso, já não há nenhuma possibilidade de entendimento. As palavras não podem ser traduzidas, os conceitos não têm nada em comum com os nossos e a comunicação não é mais possível.

Assim, pesquisadores de uma área de conhecimento que se dedicam a compreender um dado fenômeno, ao adotar as mesmas práticas, passam a compartilhar uma certa maneira

de pensar e de interpretar tais fenômenos (*estilos de pensamento*) e se estruturam enquanto grupo em torno deste modo de pensamento (*coletivos de pensamento*).

Nesta relação entre coletivo e estilo de pensamento, Fleck (2010) afirma que o caráter factual da relação entre a sífilis e a reação de Wassermann é representado de acordo com o estilo, como um sinal de resistência ao pensamento daquele coletivo. O autor complementa ainda que um fato científico possui uma relação tripla com o coletivo de pensamento:

(1) *Cada fato tem que se alinhar ao interesse intelectual do respectivo coletivo de pensamento*, pois somente há resistência onde existe alguma aspiração. Assim, fatos da Estética ou do Direito muitas vezes não são fatos para as Ciências Exatas. (2) *A resistência tem que atuar enquanto tal no coletivo de pensamento e ser intermediado, a cada participante enquanto coação de pensamento e ainda enquanto forma (Gestalt) a ser vivenciada de maneira imediata*. (3) *O fato tem que ser expresso no estilo do coletivo de pensamento*. (FLECK, 2010, p. 151-152, grifos do autor).

Sobre os coletivos de pensamento, é necessário pontuar, ainda, que os mesmos são compostos por dois círculos distintos que se comunicam entre si, denominados: *Esotérico e Exotérico*. O círculo esotérico é formado por especialistas que já dominam os códigos e procedimentos relacionados à resolução daquele problema conforme aquela área. Já o círculo exotérico, seria formado pelos “leigos instruídos”, que não são especialistas, mas se relacionam com o saber produzido pelo círculo esotérico, ao compartilharem o mesmo estilo de pensamento (FLECK, 2010).

Todavia, há diferentes graus de especialistas, então a circulação acaba sendo necessariamente diferenciada, pois o diálogo entre especialistas e o diálogo entre especialistas e não especialistas não podem possuir a mesma forma. Este fenômeno gera diferentes tipos de textos, que podemos considerar como diferentes textualizações do conhecimento, já que se trata de pensamentos coletivos que ganham materialidade textual (seja verbal ou imagética). Fleck identifica quatro grandes categorias de textualizações da ciência: a ciência dos periódicos, a ciência dos manuais, a ciência dos livros didáticos e a ciência popular. Acreditamos que esses tipos de textos são forma e processo, ou seja, são simultaneamente processo e produto, pois ao mesmo tempo em que o conhecimento circula por eles, dão forma e têm papéis epistemológicos específicos na produção destes conhecimentos.

Estes dois círculos, dos especialistas e não especialistas (em seus diferentes graus), estão em constante comunicação e os papéis na produção do conhecimento de cada um deles é afetado pelo outro. Sendo que esta comunicação é realizada por meio da circulação

intercoletiva e intracoletiva de ideias, que se dá por meio de textos associados a determinadas práticas e atividades específicas. A circulação intercoletiva se configura como a troca de ideias entre coletivos de pensamento distintos, na qual se apresentam diferenças maiores ou menores no estilo de pensamento, trazendo consigo um deslocamento ou uma alteração dos valores de pensamento, permitindo assim, uma alteração do estilo de pensamento.

Qualquer tráfego intercoletivo de pensamentos traz consigo um deslocamento ou uma alteração dos valores de pensamento. Do mesmo modo que a atmosfera (*Stimmung*) comum dentro do coletivo de pensamento leva a um fortalecimento dos valores de pensamento, a mudança de atmosfera durante a migração intercoletiva provoca uma mudança desses valores em toda sua escala de possibilidades: da pequena mudança matizada, passando pela mudança completa do sentido até a aniquilação de qualquer sentido (FLECK, 2010, p. 161).

Na circulação intracoletiva a troca de ideias ocorre entre membros de um mesmo coletivo de pensamento (seja entre especialistas ou entre especialista e não especialista) e sua função seria a de reforçar o estilo de pensamento (FLECK, 2010).

Todo tráfego de pensamento intracoletivo (*intrakollektiven Denkverkehr*), portanto, é dominado por um sentimento específico de dependência. A estrutura geral do coletivo de pensamento faz *com que o tráfego intracoletivo de pensamento – pelo fato sociológico em si, sem consideração pelo conteúdo e pela legitimação lógica – leva ao fortalecimento das formações de pensamento (Denkgebilde):* a confiança nos iniciados, a dependência por parte destes da opinião pública, a solidariedade intelectual dos pares, que estão a serviço da mesma ideia, são forças sociais alinhadas que criam uma atmosfera comum específica, proporcionando às formações de pensamento solidariedade e adequação ao estilo numa medida cada vez maior (FLECK, 2010, p.158, grifos do autor).

Vejamos agora mais detalhadamente as textualizações supracitadas que compõem os tráfegos de pensamento. Quanto a um dos tipos de saber que abastece o círculo esotérico, temos a ciência dos periódicos. Esta, por sua vez, carrega, textualmente, a marca do provisório e pessoal. A marca do provisório reside em ressaltar apenas as limitações nítidas dos problemas tratados, além da “[...] cautela específica dos trabalhos em periódicos, que pode ser reconhecida em expressões características como: “tentei provar que...”, “parece ser possível que...”, ou ainda de forma negativa: não se pôde provar que...” (FLECK, 2010, p. 172). Para Fleck esses fatores deslocam o julgamento da existência ou não de um fenômeno por parte do pesquisador individual para o coletivo já legitimado. O aspecto pessoal do

trabalho do pesquisador na ciência dos periódicos procura sempre fazer desaparecer os aspectos pessoais, como, por exemplo, na utilização do “nós” em lugar do “eu”.

Em contrapartida, a ciência dos manuais que também faz parte do círculo esotérico, possui textualmente um caráter sistemático, impessoal e assegurado. Pode representar o consenso de um estilo de pensamento ou, pelo menos, a hegemonia deste coletivo.

O plano, que determina a seleção e a composição, fornece então as diretrizes para a pesquisa posterior: decide o que deve ser considerado como conceito fundamental, quais métodos são chamados louváveis, quais os rumos que são apresentados como prometedores, quais os pesquisadores que merecem uma posição de destaque e quais deles simplesmente cairão no esquecimento. Tal plano é formado no tráfego esotérico do pensamento, isto é, na discussão entre os especialistas, mediante entendimento e desentendimento recíproco, mediante concessões mútuas e pressões recíprocas que se polarizam em posturas obstinadas (FLECK, 2010, p. 173).

Nos manuais, diferentemente da ciência dos periódicos, uma proposição se apresenta textualmente com muito mais certeza e caráter comprobatório, tornando-se coerção de pensamento⁴. A partir do momento que se consolida nos manuais passa a ser ensinado servindo de guia e modelo para se discutir os fenômenos. Em outras palavras, a ciência dos manuais “[...] escolhe, mistura, adapta e sintetiza o saber exotérico de coletivos alheios e o saber estritamente especializado num sistema. Os conceitos assim formados passam a dar o tom, tornando-se impositivos para qualquer especialista” (FLECK, 2010, p. 177).

Com relação ao tipo de ciência que abastece o círculo exotérico, temos a ciência popular, direcionada a não especialistas, ou seja, “[...] para círculos amplos de leigos adultos com formação geral. Por isso, não deve ser vista como ciência introdutória, sendo que, normalmente, não é um livro popular, mas um livro didático que cuida dessa introdução” (FLECK, 2010, p. 166).

Um aspecto textual importante sobre a ciência popular é a ausência de detalhes e polêmicas quanto aos fatos científicos, a ponto de se conseguir uma simplificação artificial. Sua forma é esteticamente agradável, viva e ilustrativa. O auge do saber popular é a visão de mundo, que ajuda a determinar as linhas gerais do estilo de pensamento dos especialistas.

Dessa maneira, fecha-se o círculo da dependência intracoletiva do saber: a partir do saber especializado (esotérico), surge o saber popular (exotérico). Este se apresenta, graças à simplificação, ao seu caráter ilustrativo e apodítico, de uma forma segura, mais bem acabada e sólida. O saber popular

⁴A coerção de pensamento pode ser pensada como hábitos e normas vistos como óbvios, como sendo os únicos possíveis e que não é passível de reflexão (Fleck, 2010, p. 160).

forma a opinião pública específica e a visão de mundo, surtindo, dessa forma, um efeito retroativo no especialista (FLECK, 2010, p. 166).

Para exemplificar este mecanismo, Fleck (2010) apresenta o caso de um relatório de um exame bacteriológico formulado por um laboratório de diagnóstico enquanto texto do círculo esotérico (especialista) e, por um médico clínico, enquanto círculo exotérico. Uma placa na garganta é textualizada por um relatório bacteriológico repassado ao médico clínico, da seguinte maneira: *“O preparado microscópico apresenta numerosos bastonetes, que, pela sua forma e localização, correspondem aos bacilos de difteria. O exame da cultura mostrou bacilos típicos de Loeffler”* (FLECK, 2010, p.167).

Quando um especialista escreve o mesmo relatório de modo extenso para outro especialista, dirá o seguinte:

Análise microscópica: numerosos bacilos, dos quais uma parte possui forma de clava ligeiramente curvado, outra parte, bastante esbelta e reta ou ainda, grosseiramente, sem características específicas. Cultivo em vários lugares em forma de dedo ou paliçada, em outros de forma individualizada e irregular. Coloração de Gram: positiva. Coloração de Neisser em vários bacilos: positiva. Azul de metileno Loeffler: muitos exemplares dilacerados. Cultura: cultura de Costa: colônias roxo-vermelhas, um pouco gosmentas, onde foram encontrados bacilos que mostram um comportamento em sua maior parte típico quanto à coloração, à morfologia e ao cultivo. Não foi testada a formação de toxinas, nem a neutralização, mas, tendo em vista a origem do material de exame e as propriedades morfológicas e da cultura dos bacilos, o diagnóstico ‘bacilos Loeffler’ é, por certo, suficientemente fundamentado para fins práticos (FLECK, 2010, p. 167).

Na descrição do relatório feito ao médico clínico, houve uma simplificação permeada por elementos apodíticos e ilustrativos.

O nosso exemplo mostrou a ciência exotérica numa distância ainda muito reduzida do centro esotérico: o médico clínico não está tão distante do especialista bacteriológico. Se formos ainda mais longe, até chegar ao círculo grande dos “universalmente cultos”, o saber se torna ainda mais ilustrativo, mais simples; ao mesmo tempo desaparecem as provas com seu efeito coercitivo no pensamento: tudo se torna ainda mais apodítico. Para a mãe da criança, cuja placa na garganta foi examinada, apenas resta uma informação breve: “Seu filho está com difteria.” (FLECK, 2010, p. 166).

Assim, o mesmo fato científico, dentro de um mesmo estilo de pensamento, é textualizado de diferentes formas. O especialista busca no saber popular crenças nos valores deste saber (daí a importância epistemológica geral da ciência popular). O que, neste caso, o autor defende é que, quando um especialista escreve para outro especialista para fornecer o

laudo de um exame, a linguagem é alterada, os termos possuem um perfil que faz parte do estilo de pensamento ao qual os mesmos transitam. Para o médico clínico este laudo não faria sentido, tão pouco para o paciente que precisa saber o resultado de seu exame.

O mesmo estilo de pensamento se textualiza de diferentes formas, fazendo mover diferentes processos de circulação, com seus efeitos e funções epistemológicas. Deste modo, a textualização da ciência popular sempre acaba sendo uma simplificação, contendo elementos apodícticos e ilustrativos (características do saber popular). “[...] através de cada comunicação, até mesmo de cada denominação, um saber se torna mais exotérico e popular” (FLECK, 2010, p. 169).

Se essa simplificação não ocorresse, seria necessário acrescentar a cada palavra uma nota de rodapé com uma série de explicações, ou seja, segundo Fleck (2010, p. 168) “[...] um saber especializado exaustivo é completamente confuso e sem utilidade para qualquer caso prático”. No entanto, ela não é apenas um processo de linguagem, mas simultaneamente um processo epistemológico, na medida em que reforça o fato científico e o estilo de pensamento que permite concebê-lo.

Além disso, “[...] no caso de adaptações feitas para o grande público, sabemos que a ‘plasticidade emotiva’ é um recurso para tornar significativa uma informação, o que envolve, além de imagens (gráficos, desenhos e fotos), o uso de metáforas tocantes” (OLIVEIRA, 2012, p. 131, grifo do autor).

Em relação à ciência dos livros didáticos, Fleck não realizou um aprofundamento deste tipo de texto. Todavia enfatiza que, “[...] uma vez que a iniciação na ciência ocorre de acordo com métodos pedagógicos particulares, há de se mencionar ainda a ciência dos livros didáticos [...]” (FLECK, 2010, p.165).

O autor complementa ainda que este tipo de texto se encarrega do primeiro contato das pessoas com a ciência, com a inserção das primeiras ideias e que não possui a função de formar especialistas, este aspecto caberia a ciência dos manuais. Mesmo não aprofundando as características da ciência dos livros didáticos, Fleck aponta essa textualização como constitutiva na produção dos fatos científicos, já que ela também é uma das formas sociais de pensamento, e uma das formas de circulação dos tráfegos de pensamento.

Consideramos que além da importância de entender as características dos diferentes tipos de ciência (textualizações) trazidos por Fleck (2010) e discutido até aqui, é relevante entender suas relações e compreender que as mesmas são produtos e meios pelos quais

ocorrem os tráfegos, ou seja, a circulação, sem a qual não há manutenção de um fato científico nem produção de novos fatos.

Em seu artigo Oliveira (2012) apresenta uma interpretação muito rica da obra de Fleck (2010), levantando várias questões pertinentes, além de realizar a relação com a popularização da ciência. Inicialmente o autor destaca a importância do tráfego exotérico para a compreensão da ciência e que houve e há pouca atenção dos filósofos e historiadores da obra de Fleck em relação a isto.

Ao examinar os tipos de ciência e suas inter-relações a partir de Fleck, Oliveira (2012, p. 141) debate e levanta a seguinte questão: “[...] em que medida as práticas educativas e de divulgação científica fazem parte da ciência?” Questões hoje levantadas pelos historiadores da ciência, mas que também pertencem ao nosso campo de pesquisa em Educação Científica.

1.3 CIÊNCIA POPULAR E A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Se, de um lado, a questão da divulgação científica é notoriamente relevante para a Educação científica, e, de outro, a abordagem da ciência de Fleck nos permite compreender e pensar os textos como constitutivos, a articulação entre Fleck e a questão da DC não é tão simples, como aponta o trabalho de Oliveira (2012) comentado anteriormente, já que Fleck não trabalha diretamente com a noção de divulgação científica, mas de ciência popular.

Para realizar a discussão da relação entre ciência popular e DC, pressupomos inicialmente, que os trânsitos (movimentos) que fazem as ideias circularem entre os interlocutores, sempre é mediada por alguma forma textual. No caso da ciência popular temos um amplo conjunto de formas de textualização do conhecimento científico com características gerais semelhantes ao que habitualmente se compreende como DC, principalmente no que diz respeito ao direcionamento deste texto que em ambos os casos incluem o público “leigo”, ou seja, os não especialistas e sua relação com os diversos conhecimentos. Todavia, o efeito que cada noção representa é distinto e esta distinção para nós é chave para apresentar nossa compreensão de DC do ponto de vista da circulação e textualização do conhecimento defendida neste capítulo.

Vários autores têm buscado definir ou analisar a DC sob diferentes perspectivas, não cabendo aqui uma revisão destes trabalhos, mas vale a pena pontuar algumas das ideias mais

recorrentes. Bueno (1984), por exemplo, entende a DC como um processo de recodificação, isto é, a transposição de uma linguagem especializada para uma linguagem não especializada. Partindo do ponto de vista da retórica, Fahnestock (2005) pontua que a popularização da ciência ocorre por um movimento que a autora denomina de *adaptação da ciência*. Já autores como Zamboni (2001) e Cunha e Giordan (2009) vêm interpretando a DC como um gênero discursivo próprio, que atende a condições de produção bastante diversas daquelas que envolvem o discurso científico. Já Authier-Revuz (1998), do ponto de vista do discurso, concebe a DC como um conjunto de práticas de reformulação discursiva.

Todos estes autores têm se preocupado com implicações da DC e o ponto comum dessas abordagens supracitadas, está na distinção e separação entre o discurso científico e o discurso da DC. O discurso da DC não faz parte do discurso científico, sendo apenas uma versão dele. Como já discutido no tópico anterior, para Fleck, no entanto, o que existe são diferentes tipos de textos na produção e manutenção do conhecimento científico, ou seja, nos trâfegos que produzem. Portanto, o que levantamos aqui é que não há exatamente um discurso científico (estagnado no círculo esotérico/especialistas), mas um espectro de manifestações textuais diferentes do conhecimento. Assim, a textualização da DC seria também um tipo de texto científico, com as características da ciência popular, como veremos adiante, porque na verdade, o que existem são diferentes textualizações da ciência.

Contudo, para desenvolver nossa forma de entender a DC, dentre as definições supracitadas escolhemos a análise de Authier-Revuz (1998), por abordar a sua noção decorrente de DC e, ao mesmo tempo, questioná-la de um ponto de vista teórico-metodológico da Análise de Discurso de origem francesa. Essa escolha ocorreu porque mesmo a autora colocando que o discurso da DC se mostra como um discurso de reformulação e tradução do discurso científico, e ainda havendo críticas ao seu modelo (que mais à frente serão mais bem explicitadas), entendemos que o efeito que ela mostra é que esse trabalho de reformulação que parece uma tradução, na verdade está produzindo o efeito de sentido de que há um “discurso outro”, ou seja, de que há o discurso científico em algum outro lugar (com suas características próprias) e do qual, a DC seria apenas uma imagem degradada. Então, a DC criaria um simulacro, ou seja, uma imagem do que seja o conhecimento científico e essa perspectiva não é contemplada nos demais estudos.

Além disso, é importante destacar que a compreensão de DC apresentada por Authier-Revuz (1998), se limita a um *corpus* de análise bastante restrito, ou seja, textos de DC publicados em revistas francesas com características bastante restritas em relação à

multiplicidade e diversidade de textualizações que compõem a ciência popular na concepção de Fleck, como veremos mais à frente.

Portanto, vamos tecer um diálogo desta análise discursiva da DC com a epistemologia social de Fleck (2010) e suas categorias ao desenvolver sua visão sobre a construção dos fatos científicos.

Para este autor, como já discutido, esse processo envolve vários estilos e coletivos de pensamento num trabalho essencialmente social, em que os sujeitos se comunicam por meio de diferentes textos, tais como a ciência dos periódicos, a ciência dos manuais e a ciência popular e a ciência dos livros didáticos, textos que têm papel constitutivo e, portanto, epistemológico, em relação aos conhecimentos que fazem circular nas/pelas comunicações. Fleck (2010) apresenta uma teoria da produção da ciência, cujo elemento constitutivo fundamental são processos de circulação (tráfegos) de ideias que simultaneamente constituem posições de sujeitos, objetos de conhecimento e epistemologias específicas.

As comunicações que constituem e estabilizam os fatos científicos ocorrem entre o círculo esotérico (formado por especialistas que já dominam os códigos e procedimentos relacionados à determinado assunto) e o círculo exotérico (“leigos instruídos”, pessoas que não são especialistas, mas que se relacionam com o saber produzido pelo círculo esotérico), por meio da circulação intercoletiva (troca de informações entre coletivos de pensamento distintos) e na circulação intracoletiva (troca de ideias entre membros de um mesmo coletivo de pensamento), ou seja, Fleck entende e denomina de “tráfego” essa circulação de ideias (entre estilos de pensamento iguais ou diferentes) na sociedade (FLECK, 2010).

Já em Authier-Revuz (1998), temos que a função da DC embora vista como a de comunicar a ciência, na verdade, seria a de encenar esse processo, ou seja, produzir esse efeito criando, discursivamente, alguns personagens. “Através dessa realização da enunciação, abre-se lugar para uma configuração de papéis, que “representa” a mediação: uma estrutura de três lugares com duas extremidades: “A Ciência” e “o público leitor”, e, no meio, o divulgador.” (AUTHIER-REVUZ, 1998, p. 114). A autora aprofunda os mecanismos da análise de discurso apresentando vários exemplos da DC, analisando para isso, um conjunto de revistas francesas que apresentam textos com características bem semelhantes. No entanto, não podemos generalizar sua análise para todos os tipos de DC, já que outros corpora podem ser construídos dentro do que comumente se identifica como DC, não abarcados pelo *corpus* utilizado pela autora em sua análise.

Tanto para Fleck, como para Authier-Revuz, a ciência popular e a DC não têm a função de formar especialistas. Esta função, caberia aos manuais como Fleck (2010) menciona: “[...] uma vez que se figura nos manuais, passa a ser ensinado e geralmente utilizado, formando a coluna central do sistema, torna-se assim, uma coerção de pensamento” (p.175).

Demarcamos nesta aproximação, que tanto a ciência popular, como a DC, não possui o papel institucional das Escolas e/ou Universidades de formação escolar, técnica ou profissional. No primeiro caso, o objetivo principal seria colocar em contato membros distantes em graus de especialidade dentro de um mesmo círculo de pensamento. Portanto, isto compreende vários níveis de aproximação, dependendo da localização do sujeito em níveis mais ou menos periféricos dos círculos exotérico e esotérico. No segundo caso, na DC, o objeto central é comunicar o público geral, tornar acessível os saberes que antes faziam parte de um público seletivo, que está diretamente ligado à produção daquele conhecimento, mas que antes não tinha acesso àquele saber.

Para desenvolver a encenação do processo de comunicação científica, levantado por Authier-Revuz, há um jogo de lugares e representações. Um primeiro lugar seria formado pela Ciência. Para a autora, nos textos analisados por ela, esse “interior” aparece representado dentro dos textos de DC. Aproximando as ideias de Fleck (2010), esse lugar da ciência ocupado na comunicação científica diz respeito ao círculo esotérico, formado por especialistas que já dominam os códigos e procedimentos específicos relacionados à resolução daquele problema pré-determinado. Mas o que a DC produz, do ponto de vista discursivo, é uma representação desse lugar, como lugar de origem.

O segundo lugar, o do divulgador (terceiro homem), “[...] representa-se nos textos como indo psiquicamente de um lugar a outro, descartando pontos, mediador ou “simples intermediário”, função tida como ambígua [...]” (Authier-Revuz, 1998, p. 114, grifo do autor). Fleck não trata deste aspecto especificamente, pois desenvolve a discussão de sua teoria a partir de um caso particular na medicina, e esta área tem um conjunto maior de atores sociais na relação da produção/circulação desse conhecimento, ou seja, não só um cientista, mas também médicos, enfermeiros, farmacêuticos. Para exemplificar o que queremos dizer, citamos o caso do exame bacteriológico, já descrito neste texto anteriormente. O médico naquele caso, não é divulgador, nem mediador no sentido que a Authier-Revuz coloca, mas, ao mesmo tempo, também participa dessa relação de movimento entre o círculo esotérico e o exotérico. Podemos afirmar, desta forma, que nem sempre os tráfegos (circulação) que

constituem a ciência popular possuem e precisam de um mediador, um “terceiro homem”, para se efetivarem.

Sobre o terceiro lugar cuja representação é construída pelo discurso da DC, no texto, está o “público leitor”, e esse leitor aparece dentro do texto que não é exatamente seu lugar real. Neste caso, podemos associar ao que Fleck (2010) denomina de círculo exotérico, os “leigos instruídos”, pessoas que não são cientistas, mas que se relacionam com o saber produzido pelo círculo esotérico. Contudo, no âmbito desta discursividade, este terceiro lugar daria ao leitor a ideia de que esta grande distância existente, entre a produção do discurso da ciência e da DC, seria reduzida pelo trabalho do mediador. Este é o efeito deste processo que Authier-Revuz identifica como uma encenação da comunicação na DC. Isto porque neste processo, o leitor seria colocado em uma posição em relação à produção daquele determinado conhecimento.

Tanto nas análises realizadas por Authier-Revuz (1998), como na epistemologia de Fleck, encontramos a questão social imbricada em sua formulação. Todavia, em Fleck este fator está prioritariamente associado à produção dos fatos científicos, ou seja, à dimensão epistemológica. Para ele essa atividade da ciência popular possui a função de participar da produção dos conhecimentos, compreendida como construção dos fatos científicos, o que ocorre quando o conhecimento se “torna carne”⁵ na/pela ciência popular. Isto, por sua vez, só acontece após passar pelo crivo do saber cotidiano e popular.

Consideramos este o ponto central desta discussão, ou seja, propomos que aquilo que Authier-Revuz chama de DC é apenas parte do que Fleck está chamando de Ciência popular. Se em Authier-Revuz temos um aprofundamento da dimensão discursiva da textualização, no sentido de que esta constrói representações de “interior”/“exterior”, dos sujeitos envolvidos em suas posições sociais, da encenação da comunicação, em Fleck encontramos aspectos da função epistemológica desta forma de textualização e concepção ampliada do círculo exotérico. Assim, para Fleck essa função epistemológica abarcaria um conjunto muito mais amplo de textos, dentro da ciência popular, do que aqueles que constituem o corpus analisado por Authier-Revuz.

⁵ O termo se “tornar carne” é utilizado por Fleck para se referir a consolidação de um fato científico, que naquele momento é aceito pelos diferentes estilos de pensamento na sociedade.

1.4 A QUESTÃO DA UNIDIRECIONALIDADE E BIDIRECIONALIDADE NA CIRCULAÇÃO DO CONHECIMENTO

Com as reflexões tecidas no tópico anterior, acreditamos que para Authier-Revuz, a DC funcionaria em um único movimento, unidirecional: do interior (Ciência) para o exterior (público), como exemplificado na Figura 2. Já para Fleck esse movimento pode ser retroativo/bidirecional, se considerado epistemologicamente (Figura 3).

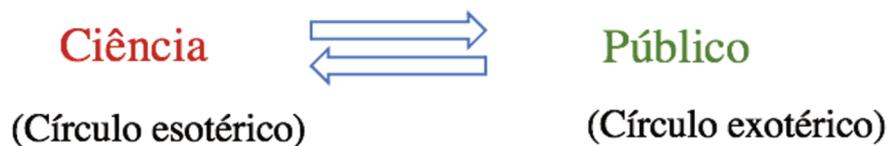
Assim, podemos afirmar que na Ciência há diferentes tipos de textualizações, e a esotérica (ciências dos periódicos) depende da exotérica (ciência popular) para se consolidar e ser aceita socialmente. Os esquemas a seguir ajudam a visualizar estas conjecturas teóricas importantes para nossas posteriores análises:

Figura 2 - Representação da divulgação da ciência nas análises de Authier-Revuz



Fonte: elaborado pela autora

Figura 3 - Representação do trânsito bidirecional entre a Ciência e o Público (círculo exotérico) na teoria Fleck



Fonte: elaborado pela autora

No primeiro caso temos um modelo mais tradicional de comunicação da ciência, ou seja, a DC entendida como um fluxo unidirecional de ideias da ciência (interior), em direção ao público (exterior). No entanto, como já mencionado, consideramos esse modelo limitado, pois compreendemos esse processo como algo mais amplo que considera também o público (pessoas que estão fora dos círculos esotéricos) na produção do conhecimento. Sendo que,

para Fleck a dimensão comunicativa, nas formas desses trânsitos, e produções textuais, não ocorrem a *posteriori*, ou seja, depois e aquém da produção dos fatos científicos, mas é elemento constitutivo dessa produção⁶. Se não há fatos sem observação, experimentação, dados empíricos, também não há fatos sem experiência, sem trânsitos de ideias, portanto, sem textos.

Um aspecto que precisa ser ressaltado, é que diferente da figura 2, onde a própria textualização da DC constrói e mantém a representação de “exterioridade”, na figura 3, não há a representação desta exterioridade, há outro círculo, o exotérico, mas que não se situa fora da produção de conhecimentos (em um exterior). Os círculos esotérico e exotérico são dois componentes do mesmo coletivo, assim a noção de coletivo de pensamento representa essa “interioridade” da ciência popular e, portanto, da DC.

Historicamente, essa unidirecionalidade é um dos aspectos que embasaram o modelo do *déficit* da comunicação entre cientistas especialistas e a comunidade leiga, na qual o público era visto apenas como receptor passivo dos supostos avanços científicos e destituído de saberes. Sobre isto, Bensaude-Vincent (2009) destaca que além da questão da unidirecionalidade, outros aspectos que embasam o modelo do *déficit* seriam: o fosso crescente entre cientistas e o público e a questão dos mediadores⁷ na comunicação entre eles, por considerarem o público como passivo, composto meramente por consumidores de ciência e tecnologia. Neste processo, que deveria lutar contra a ignorância pública, os mediadores divulgaram uma imagem da ciência que reforçava a autoridade científica dos especialistas, aumentando assim o fosso entre eles.

Essa concepção da comunicação científica pelo modelo do *déficit*, extremamente simplista e idealizada, “[...] que sustenta que os fatos científicos só precisam ser transportados de um contexto especializado para um popular, está enraizada nas ideologias profissionais de duas das categorias de atores envolvidos” (BUCCHI, 2008, p. 58). Legitimando assim, a função social e profissional dos 'mediadores' - popularizadores, em especial os jornalistas de ciências e a neutralidade dos cientistas aos processos de comunicação pública gerando, dessa forma, uma visão de mídia como lente opaca, limitada e incapaz de refletir e filtrar os fatos

⁶ Isso não significa que outros elementos, não discursivos ou textuais, não façam parte da produção dos fatos, como práticas experimentais, entre outras práticas.

⁷ Enfatizamos mais uma vez, nossa discordância em considerar que as práticas de DC possuem um mediador para se efetivarem.

científicos de forma coerente. Cabe ainda elencar aqui, as noções apontadas por este autor que resumem essa concepção tradicional de comunicação pública da ciência:

1 a mídia como um canal projetado para transmitir noções científicas, mas muitas vezes incapaz de executar essa tarefa satisfatoriamente devido à falta de competências e/ou predominância de outras prioridades (por exemplo, interesses comerciais); 2 o público como passivo, cuja ignorância padrão e hostilidade à ciência podem ser neutralizadas pela injeção apropriada da comunicação científica; 3 *a comunicação científica como um processo linear, de mão única, no qual o contexto de origem (elaboração de especialistas) e o contexto de destino (discurso popular) podem ser nitidamente separados, apenas o primeiro influenciando o último*; 4 comunicação como um processo mais amplo relacionado à transferência de conhecimento de um assunto ou grupo de assuntos para outro; 5 como transferível, sem alterações significativas de um contexto para outro, para que seja possível pegar uma ideia ou resultado da comunidade científica e trazê-la ao público em geral (BUCCHI, 2008, p. 58, grifos nossos).

Por muitos anos a comunicação pública da ciência foi encarada como uma transferência de conhecimentos de cima para baixo, ou seja, da comunidade científica vista como a elite do processo, para o público leigo. Neste modelo de *déficit*, o conhecimento do público não era entendido como constitutivo no processo de produção do conhecimento, ao contrário, era visto como um exterior e inferior ao conhecimento especializado.

Essa noção tem sido o paradigma dominante para descrever a comunicação científica. Além disso, a utilização de palavras-chave como 'recepção', 'distorções' e 'alvo' são utilizadas quando a comunicação é vista como transferência unidirecional de informações de uma parte para outra. “Essa noção toma como certa, entre outras coisas, a possibilidade de transferir conhecimento sem alteração significativa de um contexto para outro, para que possamos simplesmente pegar uma idéia da comunidade científica e trazê-la ao público em geral” (BUCCHI, 2008, p. 66).

Neste sentido, Bensaude-Vincent (2001) acrescenta que nesta crítica, a visão de Fleck sobre a hierarquia graduada de iniciados e muitos fios conectando os vários graus entre os círculos esotérico e exotérico de qualquer coletivo de pensamento, foi confirmada por abordagens sociológicas e linguísticas da popularização da ciência.

Eles tendem a substituir a imagem tradicional do golfo entre cientistas e público leigo com a visão de um *continuum* de enunciação desde o artigo mais esotérico a apresentações públicas. Além disso, confirmam a sugestão de Fleck de que a comunicação de idéias sempre resulta em uma mudança de

conteúdo, e que cada passagem de um coletivo para outro cria um novo significado, em vez de simplesmente transferir uma mensagem estável (BENSAUDE-VINCENT, 2001, p.100).

Ao realizar um estudo sobre a perspectiva histórica da ciência e a história da popularização da ciência, esta autora menciona ainda, que o termo “popularização da ciência”, que equivale também ao termo Divulgação Científica, foi usado pela primeira vez no século XIX, desde quando a ciência se tornou uma atividade profissional. Todavia, o termo foi criado para descrever a comunicação científica em circunstâncias específicas, e pode ser considerado anacrônico usá-lo para descrever uma variedade de comunicações científicas que envolvem relações com o público mais amplo.

Portanto, quando trazemos a compreensão de DC analisada por Authier-Revuz (1998), (figura 2) ilustramos exatamente este aspecto, um *corpus* de análise restrito, que não configura todas as formas de circulação do conhecimento que envolvem o público mais amplo. Antes que aprofundemos a explicação da noção de ciência popular trazida por Fleck, a qual mencionamos na Figura 3, convém assinalar outra discussão acerca do processo de comunicação da ciência que visa romper com o modelo do *déficit* discutido anteriormente.

No início dos anos 1990, o modelo de comunicação unidirecional entre cientistas especialistas e a comunidade foi desacreditado e surgiu a proposta de um modelo mais aberto, dialógico que priorizava o debate e a discussão, conhecido como modelos de engajamento público ou modelo participativo. De acordo com Bucchi (2008, p. 58, grifo do autor) desde a década de 1980 órgãos públicos e privados buscaram despertar e promover “[...] o interesse público e a conscientização da ciência. Essas iniciativas incluíram "dias abertos", agora um recurso rotineiro de muitos laboratórios e instituições de pesquisa, festivais de ciência e cursos de treinamento em jornalismo científico.”

Neste novo contexto da ciência participativa, o público não é mais visto como passivo e até mesmo a nomenclatura do termo “público” foi alterada para cidadão, que sugere um indivíduo motivado, interessado e atuante na sociedade civil. Desta forma, a mudança de vocabulário incitou uma mudança nas práticas da comunicação científica (BENSAUDE-VINCENT, 2009).

Em contrapartida, Bucchi (2008) ao debater e propor sobre três modelos da interação especialista/público, nos ajuda a discutir alguns aspectos importantes sobre a participação do público leigo na formação de um determinado estilo de pensamento do círculo esotérico, neste

movimento bidirecional que estamos defendendo. Tais modelos seriam: o *déficit* (popularização da ciência unidirecional), diálogo (consulta e negociação como interação em dois sentidos) e participação (co-produção de conhecimento, desvio multidirecional, extremidade aberta), contemplando sua visão de comunicação e seus contextos ideológicos mais amplos. Para o autor, não é possível utilizar um único modelo de comunicação científica para explicar os diferentes padrões de comunicação, pois estes dependem das condições específicas dos quais fazem parte e das questões que estão em jogo.

Portanto, Bucchi (2008) acredita que possa existir uma coexistência destes modelos, dependendo de cada situação. Para ilustrar esta ideia, podemos apresentar o exemplo trazido pelo autor,

[...] uma questão no campo da física de partículas, com baixo impacto e mobilização pública, pouca controversa entre especialistas, impulsionada por instituições de pesquisa visíveis, em um contexto em que a compreensão das leis fundamentais da natureza seja um objetivo socialmente compartilhado e indiscutível, pode se prestar a um padrão semelhante ao *déficit*, no qual o público é convidado e disposto a apreciar o espetáculo das realizações da ciência. Da mesma forma, uma questão como organismos geneticamente modificados, que aborda muitos temas publicamente relevantes, incluindo alimentos, segurança, biodiversidade e distribuição de recursos, com uma certa quantidade de discordância de especialistas como percebida publicamente, impulsionada por atores corporativos em um contexto altamente sensível, alertado e mobilizado para questões de meio ambiente e globalização, era improvável que fosse contido na caixa do *déficit* (BUCCHI, 2008, p.71).

Assim, nesta perspectiva a comunicação científica não deve ser considerada como um evento estático, mas como um processo que assume fluidamente diferentes configurações. É importante considerar, que concordamos com Bucchi (2008) que ao defender que os efeitos bidirecionais entre ciência e público estes podem variar de acordo com o tema e os aspectos culturais, contextuais que envolvem o mesmo, levando à diferentes funções e papéis na comunicação pública da ciência.

Contudo, quando o autor apresenta sua noção de comunicação da ciência com elementos da ciência popular, pensamos não ser exatamente a mesma noção colocada por Fleck. Por isso, defendemos a noção de circulação e textualização a base deste processo, que por sua vez, é mais complexa que a comunicação, por envolver aspectos mais amplos e não apenas comunicacionais, mas também aspectos epistemológicos. Portanto, ao levar em consideração esses aspectos e essa dupla dimensão, comunicativa e epistemológica podemos

tomar o papel constitutivo da ciência popular (e a relação de bidirecionalidade) como um princípio geral.

Retomando o esquema trazido na figura 3, enfatizamos dessa forma, que a circulação de conhecimentos entre os círculos esotéricos e exotéricos, funciona como uma via de mão dupla. Analisando o primeiro deslocamento, do centro esotérico para a periferia exotérica tem-se o pensamento cada vez mais simplificado, permeado por elementos apodícticos e ilustrativos. Mas esse simplismo não seria algo negativo, mas necessário para configurar um novo tipo de texto e exercer uma função epistemológica específica e complementar na circulação constitutiva dos fatos científicos.

O segundo deslocamento que vai da periferia (ciência popular) para o círculo esotérico, “[...] é visto ora como retroalimentação, ora como fonte. De acordo com Fleck, o saber exotérico além de servir ao círculo esotérico dos especialistas com base de sua legitimação, fornece-lhe noções e esquemas (linguísticos, perceptuais e mentais) básicos” (OLIVEIRA, 2012, p. 131).

O domínio exotérico influencia o círculo esotérico em uma área específica da ciência de várias maneiras, como pela percepção sobre o funcionamento do empreendimento científico; por meio das questões que envolvem decisões políticas relacionadas a falta de ética em pesquisas e ainda sobre o financiamento das mesmas (STUCKEY et al., 2014).

Temos assim, nesta via de mão dupla, um efeito retrógrado de constituição da visão de mundo que sustenta o estilo de pensamento do círculo esotérico. O deslocamento do tráfego entre os dois círculos, vai da periferia da ciência popular para o círculo esotérico, que pode ser visto como retroalimentação e como fonte, servindo como legitimação e validação do conhecimento científico.

Neste sentido, podemos dizer que a análise de Authier-Revuz mesmo com os limites de seu *corpus* de análise bastante restrito em relação à multiplicidade e diversidade de textualizações que compõem a ciência popular, apresentou aspectos muito importantes para compreensão da DC, com sua forma de conceber a linguagem em sua dimensão social, e a caracterização dos diferentes papéis no processo de “encenação” da comunicação da ciência, envolvendo as posições imaginárias de sujeito, mas materialmente presente nos e pelos textos.

Se em Fleck temos que textos diferentes são produzidos por sujeitos posicionados diferentemente na estrutura da ciência moderna, o estudo de Authier-Revuz complementa essa visão no sentido de que os textos também participam da constituição e manutenção dos

imaginários que sustentam e mantêm essas posições, quais sejam, a do especialista, a do “leigo interessado” e a do mediador (quando necessário) e da própria DC como restabelecendo a união e coesão dessa divisão social. Assim, consideramos que tanto a DC como a Ciência Popular fazem parte da produção do conhecimento social, histórico e epistemologicamente estabelecido.

Todavia, na DC a divulgação dos conhecimentos figura para Authier-Revuz (1998, p.110) “[...] um discurso D1, sob a forma de um discurso sobre o mundo que não é enunciado, por sua vez, em D2, um discurso do mesmo tipo adaptado ao novo receptor como é o caso, parece-nos, das enciclopédias e manuais, mas sim apoiando-se, explicitamente, sobre este discurso D1”.

A nosso ver, essa consideração da autora, como já apontamos, decorre de seu *corpus* restrito e casos em que há a figura do mediador. Convém destacar aqui que as condições de produção da DC são distintas do contexto em que a ciência dos periódicos é produzida. Desta forma, mesmo trazendo as ideias de Authier-Revuz nestas discussões é necessário apontar outras limitações de sua abordagem, ou seja, entendendo que falamos de condições de produção diferentes não podemos considerar que a textualização da DC seria uma mera tradução da textualização da ciência dos periódicos.

Assim, para Authier-Revuz o discurso da DC (D2) consiste em uma tradução do discurso da Ciência (D1). Para a autora, D1 seria não apenas a fonte, mas o objeto mencionado de D2 e a constituição do fio discursivo seria marcado “por operações de citação, tradução, ajuste, glosa” (AUTHIER-REVUZ, 1998, p. 109, grifo do autor).

Para Zamboni (2001) assumir essa concepção implica direcionar a divulgação da ciência para o campo da Ciência. A autora acrescenta ainda, que o discurso científico entra nessa nova configuração, mas, em vez de ser o discurso-fonte, “[...] que, submetido a operações de reformulação, dá origem a um discurso-segundo, passa a ser concebido apenas como um dos ingredientes constantes das condições de produção da DC. Necessário sem dúvida, mas não suficiente” (ZAMBONI, 2001, p. 89).

Nossa crítica está na utilização do termo “Discurso Científico” ou “Discurso da Ciência” que para essas autoras supracitadas remetem a algo externo e na visão que podemos derivar de Fleck, julgamos equivocada. Assim, podemos afirmar que as condições de produção da textualização da DC são distintas do contexto de produção em que o texto dos periódicos é formado. Por conseguinte, quando falamos em condições de produção diferentes

não consideramos a DC uma mera tradução da ciência dos periódicos (da comunicação entre especialistas).

Contudo, a apresentação e comunicação dos resultados de pesquisas científicas, exige para sua apresentação uma tendência exotérica,

Assim, a popularização faz parte, num certo sentido, da ciência (especializada), e Fleck lhe atribui uma função importante, por mais que seja depreciada na consciência dos pesquisadores, pois nela se apresenta o senso comum, a “personificação do coletivo de pensamento cotidiano”, que deve ser considerado como “fonte universal para muitos coletivos específicos” (SCHAFER; SCHNELLE, 2010, p. 28).

Desta forma, entendemos que a textualização da divulgação científica possui suas especificidades e condições de produção particulares, não sendo apenas uma reprodução/simplificação/modificação da ciência dos periódicos, mas exerce no coletivo do estilo de pensamento relacionado aos fatos científicos divulgados, uma função epistemológica.

1.5 IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Todas as discussões trazidas até aqui nos ajudam a defender nosso argumento de considerar a DC como um processo amplo de circulação/movimento/trânsito de ideias que pode ter papel constitutivo na produção/manutenção dos fatos científicos. Neste ínterim, a seguir elencamos alguns pontos que emergiram das discussões apresentadas para embasar possíveis discussões sobre práticas de Educação em Ciências.

I- Entender as diferentes textualizações enquanto processo e produto da construção do conhecimento

Texto e ciência não podem ser vistos separadamente, visto que as formas de escrever se relacionam com a própria produção do conhecimento, e se modificam conforme ocorrem modificações históricas nessa produção. E, por que é importante analisar o texto na relação com a produção da ciência? Quando analisamos um texto estamos olhando para os aspectos culturais, históricos, sociais, institucionais, linguísticos, políticos, e epistemológicos da produção de conhecimentos. Se de um lado, há certamente um envolvimento com práticas

materiais, experimentais, a cultura do laboratório, enfim, uma dimensão empírica que faz parte da produção dos conhecimentos científicos, esse caráter constitutivo da produção textual só mais recentemente vem sendo considerado nos estudos da ciência.

Além disso, entender este processo é importante para compreender a formação dos sujeitos na sua relação com a ciência. Como aponta Silva (2010),

[...] compreender o funcionamento do texto, em se tratando da “divulgação científica” e de outros textos que remetem à ciência, significa compreender o próprio funcionamento das relações sócio-históricas que engendram a produção científico-tecnológica, e compreender-se ou significar-se nessas relações, enquanto leitor das ciências, enquanto sujeito histórico participante dessas relações sócio-históricas, enfim, enquanto cidadão (SILVA, 2010, p. 39, grifo do autor).

Consideramos, assim, fundamental para a educação em ciências entender como ocorre a circulação de conhecimentos por meio dos textos. Para tanto, é necessário: de um lado compreender melhor os textos propriamente ditos, pois “[...] o texto, assim, é o produto de um gesto de interpretação, para além da intencionalidade do sujeito, num contexto sócio-histórico determinado. *Não há produção/circulação de conhecimentos sem que este tome determinadas formas textuais*” (SILVA, 2013, p. 252-253, grifo nosso). E, por outro lado, compreender os papéis epistemológicos dos textos nessa produção de conhecimento.

Trabalhar e pensar a textualização significa, então, problematizar práticas que considerem não o conteúdo dos textos como algo dado, ali presente, mas sua constituição, seu funcionamento, ou seja, uma materialidade inscrita em um determinado contexto histórico-social, onde o texto se configure como peça de um processo de circulação do conhecimento (dos mais diversos temas) na sociedade, de produção de “fatos científicos”.

Assim, podemos inferir que o texto não se constitui como uma unidade fechada, mas sim aberta para diversas possibilidades de leitura, porque passa a assumir uma materialidade histórica, uma textualidade que se forma com falhas e defeitos, isso constitui o efeito-leitor (posição assumida pelo sujeito na interação com determinado texto enquanto leitor). E, certamente, leituras em que um fato científico não se apresente para um leitor enquanto tal.

Neste sentido, para textualização ser compreendida em uma relação de constitutividade entre textos e conhecimentos científicos, é preciso considerar,

[...] o papel de diferentes textos nessa constituição, considerando diferentes formas textuais, produtos de diferentes tradições, de relações com diferentes instituições, de condições, enfim, específicas, mas que não raras vezes

atravessam diferentes campos culturais e costuram a produção cultural das ciências a outras práticas culturais (SILVA, 2019, p. 12).

Estes textos podem assumir diversas formas, tanto escritos e/ou imagéticos e/ou orais, como gráficos, questões, livros didáticos, documentários, filmes, mapas, televisão, páginas da internet (como *blogs*, *facebook*, canais do *Youtube*, páginas institucionais, revistas e jornais de DC), esquemas, linguagem matemática, fórmulas químicas, relatórios, relatos, entrevistas, *folders*, infográficos dentre outros.

De fato, a noção de circulação já vem sendo mobilizada em abordagens sobre a produção histórica, social e cultural dos conhecimentos científicos. Além disso, a incorporação recente de textos didáticos e manuais no *corpus* de análise de abordagens no campo dos Estudos da Ciência, pode ampliar as conexões com a Educação em Ciências, tornando possível novos caminhos de compreensão e práticas (SILVA, 2018).

Neste movimento, Secord (2004) ao compreender o conhecimento científico como prática, infere que nos últimos 20 anos a história da ciência tem defendido a ciência em contexto, mas que agora poderia ser vista como ciência em trânsito.

II- Compreender a DC como constitutiva na produção e legitimação do conhecimento científico

Muitos trabalhos sobre DC têm ajudado a compreender a textualização do conhecimento científico, trabalhos que derivam de diversos campos, como: estudos da área da análise de discurso, da linguística, da análise da mídia, do jornalismo e, principalmente, os estudos da Ciência (*Science studies*) (SILVA, 2010).

Considerar que os textos de DC carregam consigo para além dos conteúdos, outras características que fazem parte de sua constituição são fundamentais no processo de ensinar e aprender ciência quando se utiliza essa forma textual.

Essa perspectiva tem me permitido pensar não apenas os sentidos dos textos, seus “conteúdos”, nem apenas os métodos e valores associados à sua produção como centro da educação científica, mas os textos propriamente ditos, enquanto objetos de estudo, numa perspectiva que leve em consideração seus contextos de produção, formulação e circulação, as relações conteúdo-e-forma, as relações de interlocução, as instituições

envolvidas na sua produção e circulação, em outras palavras a textualização (SILVA, 2010, p. 29, grifo do autor).

Desta forma, quando chamamos um tipo de texto dos periódicos (*papers*), textos didáticos (manuais e livros didáticos) e textos de DC, estamos diferenciando estes textos por suas características composicionais, estruturais, linguísticas e epistemológicas, mas também pelas relações sociais e culturais que estão envolvidas em sua produção. Podemos inferir que estas nuances atendem à uma instituição, ou seja, normas, exigências e estruturas que foram formuladas para atender determinada instância e que possibilitam circular os conhecimentos de uma forma instaurada e já aceita pela comunidade que compartilha destes conhecimentos.

É por isso que consideramos e defendemos neste trabalho, o texto em um sentido mais amplo (constitutivo), não como um mero produto que visa expor o conteúdo produzido em outros lugares.

Assim, as questões, sobre como o conhecimento circula, para quem é disponibilizado, e como um consenso têm ganhado especial relevância nos estudos da ciência e na história da ciência. “De acordo com essa perspectiva, o processo formativo, a elaboração de relatórios, a apresentação de pesquisas em congressos e outras práticas de comunicação fariam parte da ciência tanto quando um experimento laboratorial” (OLIVEIRA, 2012, p. 137).

A dimensão comunicativa, nas diferentes formas dos trânsitos, e produções textuais, não ocorre após e isolada da produção dos fatos científicos, mas é elemento constitutivo dessa produção (FLECK, 2010).

Desta forma, toda produção do conhecimento depende deste processo de circulação, do trânsito das ideias, o sujeito não é a origem da produção do conhecimento, mas o tráfego deste conhecimento, sem o qual não há formas sociais de pensamento que adquirem e, para tal, é necessário que os discursos se transformem em textos, o que, por sua vez, não acontece de maneira unívoca e inequívoca.

III- Viabilizar a entrada da DC na escola proporcionando um entendimento maior das características deste tipo de texto

Outro ponto significativo para pensarmos a DC nesse processo amplo de circulação do conhecimento científico se refere ao acesso das pessoas a essa forma de textualização.

Acreditamos que o modo como as pessoas entram em contato com um assunto de ciências depende de como esse assunto circula e de como ele se textualiza. Então, quando inserimos um texto de DC em uma abordagem didática, é importante levar para a sala de aula a discussão da própria circulação e textualização, porque é isso que posiciona o sujeito em contato com o tema em questão. Ou seja, pressupomos que, se o sujeito entende melhor a circulação dos conhecimentos, ele está instrumentalizado para lidar com as diversas situações que se relacionam com tais conhecimentos, de modo que possa trabalhar sua própria posição em relação a eles.

A Educação em Ciências pode, desta forma, trabalhar a leitura, tornando importante a compreensão de que posições aguardam e constituem os sujeitos-leitores nessa textualização específica. Textualização esta que pode acontecer pela entrada de textos de DC em livros didáticos, por meio de textos de DC dos mais diversos meios como revistas específicas, blogs e páginas web, pela utilização de vídeos, filmes, entre outras formas que trabalhem os fluxos, trânsitos, dos mais diversos temas científicos que permeiam a sociedade.

1.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo, apresentamos um estudo teórico em que articulamos as categorias epistemológicas de Fleck, com alguns conceitos da análise de Authier-Revuz sob o ponto de vista discursivo, que nos permitiu abordar a questão da DC em sua dimensão epistemológica e comunicacional.

Concluimos que a DC é apenas parte de um conjunto mais amplo de práticas as quais podem ser chamadas de Ciência Popular, ambas inseridas em um processo amplo de produção, circulação e textualização social de conhecimentos.

Compreendendo a Divulgação da Ciência como constitutiva do processo de produção do conhecimento, não podemos vê-la na preferência de todo processo, mas como um tipo de texto que possui um efeito retrógrado no especialista, em um movimento bidirecional (ciência-público/público-ciência). Assim, a DC, como outros elementos da ciência popular, faz parte da ciência especializada e, a partir do momento que “[...] novas possibilidades de se fazer descobertas somente se abrem quando, segundo Fleck, o significado dos termos muda em virtude da manifestação de outras possibilidades de significação no tráfego intercoletivo” (SCHÄFER; SCHNELLE, 2010, p. 29), que se recorre principalmente ao imaginário popular

e exotérico; e na medida em que, por outro lado, faz trabalhar um estilo de pensamento científico e os fatos científicos que lhe são conjugados.

Neste modelo teórico procuramos superar também a ideia da separação entre o “Discurso da Ciência” e “Discurso da Divulgação Científica”, no sentido de que não há reformulação, tradução, transposição, recodificação de um discurso para outro, mas diferentes textualizações da ciência, que mesmo possuindo condições de produção específicas em sua materialidade se configuram como diferentes tipos de textos, que fazem o conhecimento científico circular socialmente.

1.7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. J. P. M. O texto de divulgação científica como recurso didático na mediação do discurso escolar relativo à ciência. **Divulgação científica e práticas educativas**. Ed. CRV: Curitiba, 2010.
- AUTHIER-REVUZ, J. **Palavras incertas: as não-coincidências do dizer**. Campinas. Editora da Unicamp, 1998.
- BENSAUDE-VINCENT, B. A historical perspective on science and its “others”. **Isis**, 100(2), 359-368, 2009.
- BENSAUDE-VINCENT, B. Textbooks on the map of science studies. **Science & Education**, 15(7-8), 667 - 670, 2006.
- BUCCHI, M. Of deficits, deviations and dialogues: Theories of public communication of science. In: **Handbook of public communication of science and technology** (pp. 71 - 90). Routledge, 2008.
- BUENO, W. C. **Jornalismo científico no Brasil: os compromissos de uma prática dependente**. Tese (Doutorado) – USP, São Paulo, 1984.
- CORREIA, D.; BOLFE, M. A.; SAUERWEIN, I. P. S. O estudo das ondas sonoras por meio de uma atividade didática envolvendo leitura de um texto de divulgação científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 556 - 578, 2016.
- CUNHA, M. B.; GIORDAN, M. A percepção dos estudantes sobre ciência e tecnologia: uma análise em Vigotski. In: **Revista Enseñanza de las Ciencias**, número extra, p. 454 - 457, 2009.
- DELIZOICOV, D., CASTILHO, N., CUTOLO, L. R. A., DA ROS, M. A., LIMA, A. M. C. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 19, 52 - 69, 2002.
- FAHNESTOCK, J. Adaptação da ciência: a vida retórica de fatos científicos. In: L. Massarani; J. Turney; I. C. & Moreira, I. C. **Terra incógnita: a interface entre ciência e público**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent: UFRJ, Casa da Ciência: FIOCRUZ, p. 77 - 98, 2005.
- FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Perguntas elaboradas por graduandos em Química a partir da leitura de textos de divulgação científica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.12, n.1, p. 139 - 160, 2012.
- FIORESI, C. A.; CUNHA, M. B. A leitura de textos de divulgação científica e a produção de histórias em quadrinhos. **Revista Areté| Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 12, n. 26, p. 01 - 15, 2020.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

LIMA, G. S. **O professor e a divulgação científica: apropriação e uso em situações formais de ensino**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2016.

LIMA, G. S.; GIORDAN, M. O movimento docente para o uso da divulgação científica em sala de aula: um modelo a partir da Teoria da Atividade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 493 - 520, 2018.

LIMA, G. S.; GIORDAN, M. Propósitos da divulgação científica no planejamento de ensino. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 19, 2017.

LOBO, M.; MARTINS, I. Representações Sobre Alimentação e Ciência em um Texto de Divulgação Científica: implicações para a educação em ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 3, p. 3 - 26, 2013.

MARANDINO, M. **Educação em museus: a mediação em foco**. 2008.

MARANDINO, M. Interfaces na relação museu-escola. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, n. 1, p. 85 - 100, 2001.

MARANDINO, M., SILVEIRA, R. D., CHELINI, M. J., FERNANDES, A. B., RACHID, V., MARTINS, L. C.; FLORENTINO, H. A. A educação não formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz. **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, 2004.

NASCIMENTO, T. G. Contribuições da análise do discurso e da epistemologia de Fleck para a compreensão da divulgação científica e sua introdução em aulas de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2005.

NASCIMENTO, T. G.; REZENDE, M. J. F. A produção de textos de divulgação científica na formação inicial de licenciandos em ciências naturais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 1, 2010.

OLESKO, K. M. Science Pedagogy as a Category of Historical Analysis: Past, Present, and Future. **Science & Education**. P. 863 - 880, 2006.

OLIVEIRA, B. J. Os circuitos de Fleck e a questão da popularização da ciência. *In*: M. L. L. Condé, (org.). **Ludwik Fleck: estilos de pensamento na ciência**. Belo Horizonte, MG: Fino Traço, 2012.

PAGLIARINI, C. R.; ALMEIDA, M. J. P. M. **Física quântica numa leitura de divulgação científica no início do Ensino Médio: manifestações dos estudantes**. GIORDAN, M.; CUNHA, M.B. Divulgação científica na sala de aula: perspectivas e possibilidades. Ijuí: Editora Unijuí, p. 249 - 284, 2015.

SCHAFER, L.; SCHNELLE, T. Fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck na teoria da ciência. In. FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

SECORD, J. A. Knowledge in Transit. **Isis**, Vol. 95, No. 4, December, pp. 654-672, 2004.

SILVA, H. C. **A noção de textualização do conhecimento científico**: veredas pelos Estudos da Ciência, conexões pela Educação em Ciências. In: SILVA, H. C. (org.). Ciências, seus textos e linguagens: ensaios sobre circulação e textualização de conhecimentos científicos e matemáticos. 1ª ed. Curitiba: CRV, p. 15 - 34, 2019.

SILVA, H. C. A noção de textualização para pensar os textos e as práticas de leituras da ciência na escola. **Divulgação científica e práticas educativas**. Curitiba: CRV, p. 25 - 42, 2010.

SILVA, H. C. Discurso e Epistemologia: um olhar sobre as relações entre texto, ciência e escola a partir da noção de textualização. In: S. Cassiani; H. C. Silva; A. Pierson, (orgs). **Olhares para o ENEM na Educação Científica e Tecnológica**. Araraquara, SP: Junqueira & Marin Editores, 2013.

SILVA, H. C. **Grupo FLUXO**: circulação e textualização do conhecimento científico. In: CUSTÓDIO, J. F.; COSTA, D. A. da; FLORES, C. R.; GRANDO, R. C. (Org.). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT): contribuições para a pesquisa e ensino. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, p. 147-168, 2018.

SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**. vol. 1. n. 1. dez., 2006.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 1 - 25, 2005.

STUCKEY, M. et al. The philosophical works of Ludwik Fleck and their potential meaning for teaching and learning science. **Science & Education**, v. 24, n. 3, p. 281 - 298, 2015.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica**: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica. Forward Movement, 2001.

2 ASPECTOS DA CIRCULAÇÃO E TEXTUALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA GÊNESE DA RADIOATIVIDADE

2.1 INTRODUÇÃO

Buscamos apresentar neste capítulo, aspectos da circulação e textualização da radioatividade em sua gênese histórica. Consideramos esta questão pertinente, pois como já discutido no capítulo 1, entendemos que as *textualizações* do conhecimento científico, estão intimamente relacionadas à sua forma de circulação, suas condições de produção e seu papel epistemológico na formação e manutenção dos fatos científicos. Diante disto, como aponta Fleck (2010), os fatos científicos só podem ser produzidos/mantidos/modificados pela troca inter e intracoletiva entre os círculos esotérico e exotérico.

A gênese do fato científico da radioatividade envolve movimentos (textuais e epistemológicos) que aparecem então, em seu contexto histórico, com diferentes papéis. Esta gênese envolve experimentações em laboratório, trocas entre cientistas, em grande parte sobre tais experimentações (com textualizações da ciência dos periódicos) e circulação para um público mais amplo que está circunscrito aos especialistas, por meio das textualizações da ciência popular, ligados a outras práticas e atividades sociais (consumo, indústria, produção de energia, “mistérios cotidianos”, etc.). Para tanto, olhamos para as trocas, trânsitos/tráfegos de ideias entre os sujeitos situados nos diferentes círculos, sendo que tais ideias se relacionam tanto a desenvolvimentos teóricos quanto a, e principalmente, desenvolvimentos experimentais e suas transformações. Essas trocas envolvem a produção, circulação de textos, ou seja, envolvem processos de textualizações que produzirão um novo fato científico.

Nosso intuito foi investigar, a partir da historiografia da ciência, como o termo *radioatividade* surge na história da ciência e como os sentidos associados a este fato científico foram construídos e modificados ao longo do tempo, especificamente do final do século XIX ao início do século XX. Assim, entender como cientistas materializaram suas práticas, observações e ideias na forma de textos relacionados a este fato se apresenta como um dos focos deste capítulo.

Não cabe aqui realizar uma descrição detalhada sobre os experimentos realizados por Becquerel, Marie e Pierre Curie, Rutherford, bem como outros cientistas cujos trabalhos participaram da produção deste fato científico. Estas discussões estão amplamente descritas com uma grande riqueza de detalhes em trabalhos como, por exemplo, os de Jauncey (1945; 1946), Badashi (1965), Martins (1990, 2003, 2004) e Cordeiro e Peduzzi (2010, 2011).

Assim, optamos por buscar alguns textos que se configuram em fontes primárias sobre este fenômeno, como, por exemplo, alguns trabalhos de Becquerel, de Marie e Pierre Curie, basicamente entre os anos de 1896-1905, ou seja, período que corresponde à gênese da radioatividade. Esses trabalhos originais foram traduzidos por nós, os quais mencionamos no desenvolvimento deste capítulo, basicamente trechos que remetem à construção deste fenômeno estudado por eles a partir de suas pesquisas. Além disso, para construção deste capítulo buscamos alguns textos que se configuram como fontes secundárias e fazem parte da historiografia da Ciência, pois, o olhar dos historiadores que trazemos no decorrer das discussões nos ajudaram também a entender várias nuances históricas e controversas da pesquisa que aconteciam naquele momento, que não são, no entanto, nosso objeto direto de investigação. O olhar mais detido que demos aos originais, permitiu verificar quais palavras, termos e expressões eram utilizados, como se modificavam e como poderiam ser compreendidas naquele contexto histórico, e ainda para quais estilos de pensamentos permitiam ser associadas.

Em diferentes estilos de pensamento as palavras podem assumir valores e sentidos distintos. A partir do momento em que as palavras circulam entre os coletivos, há certa mudança de significado alterada por meio da migração intercoletiva. “Compare-se as palavras “força”, “energia”, ou “teste” para um físico e para um filólogo ou um atleta. Ou a palavra “explicar” para um filósofo e para um químico, ou “raio” para um artista e um físico, “lei” para um jurista e um pesquisador da natureza etc.” (FLECK, 2010, p. 161, grifo do autor).

Consultamos também, as comunicações realizadas por esses cientistas, que consistiram nas *Nobel lectures* no sítio oficial do *Nobel Prize* do ano de 1903 e 1911⁸; tais *lectures* também foram traduzidas por nós com exceção da *lecture* de Marie Curie de 1911, na qual utilizamos sua tradução completa consultada no artigo de Cordeiro e Peduzzi (2010). O objetivo de apresentar este tipo de texto se baseia no fato de considerarmos o mesmo, um tipo de texto híbrido que abastece tanto o círculo esotérico quanto o exotérico, participando da circulação de temas científicos de modo mais amplo na sociedade.

Posteriormente, a partir de trabalhos como os de Jaucey (1946) e Lima, Pimentel e Afonso (2011), procuramos evidenciar a existência já naquele tempo da circulação mais

⁸ Importante mencionar que o ano de 1911 faz parte de nosso recorte, porque o prêmio só foi concedido a Marie Curie anos depois da descoberta dos elementos Polônio e Rádio.

ampla deste fenômeno, com características bem próximas ao que Fleck (2010) denomina de *ciência popular*, percebendo assim, algumas características deste tipo de textualização.

2.2 OS PRIMEIROS EXPERIMENTOS, SEUS TEXTOS E PALAVRAS

No ano de 1896, Becquerel publicou alguns comunicados sobre suas investigações que foram estabelecendo sua compreensão do fenômeno estudado. Com as ferramentas e materiais que possuía naquele contexto ele pôde iniciar e suscitar aspectos importantes que puderam auxiliar estudos seguintes.

As primeiras pesquisas desenvolvidas por Becquerel foram sobre óptica e fosforescência. Além disso, “[...] estudou a fosforescência invisível (no infravermelho) de várias substâncias. Estudou em particular, os espectros de fluorescência de sais de urânio, utilizando amostras que seu pai havia acumulado ao longo dos anos” (MARTINS, 1990, p. 32). Ao contrário do que muitas vezes circula em alguns locais, Becquerel não descobriu a radioatividade, muito menos utilizava este termo em suas investigações iniciais. Os trabalhos de Becquerel não estabeleceram nem a natureza das radiações emitidas pelo urânio nem a natureza sub-atômica deste processo (MARTINS, 1990).

Podemos inferir que o grande impulso para o estudo e construção da compreensão do fenômeno da radioatividade foi a existência dos raios-X, detectada e anunciada por Roentgen no final de 1895, que forneceu o surgimento de “um novo tipo de raio” que possibilitava ‘ver’ dentro do corpo humano. O que Roentgen observou era algo muito diferente dos raios então conhecidos como raios catódicos. “Essa coisa não era visível, não tornava o ar luminoso, mas excitava a luminosidade de um material fluorescente e, como Roentgen observou depois, era capaz de sensibilizar chapas fotográficas, como se fosse luz” (MARTINS, 1990, p. 28).

Com uma grande repercussão tanto no meio científico (círculo esotérico) quanto no contexto exotérico da ciência popular, a descoberta dos raios X, levou uma busca por outras *radiações penetrantes*. Os raios-X como Roentgen mostrou, se originaram nas paredes do tubo de Crookes, no local onde o feixe de raios catódicos o atingia, tornando esse ponto do vidro fluorescente. Um nome importante para a continuação dessas investigações na época foi, Henri Poincaré que sugeriu perante a Academia Francesa de Ciências que muitos corpos luminescentes poderiam emitir raios invisíveis (BADASH, 1965).

Após alguns dias, Poincaré publicou um artigo de revisão sobre o assunto questionando se haveria alguma relação entre os dois fenômenos e argumenta,

[...] os raios X são “raios” porque se propagam em linha reta; não são da mesma natureza da luz, das ondas do rádio (raios hertzianos), do infravermelho e do ultravioleta porque não se refletem nem se refratam; não são catódicos porque não são desviados pelo imã nem são absorvidos rapidamente pela matéria (MARTINS, 1990, p.29, grifo do autor).

A hipótese de Poincaré, também foi determinante para levar Henri Becquerel e outros cientistas a buscarem a relação entre a fluorescência e os raios-X. A descoberta dos raios-X levou a uma produção intensa de trabalhos em diferentes países. A sucessão de trabalhos apresentados pela comunidade científica era rápida, a cada dia algo novo era encontrado. A publicação em série de alguns trabalhos importantes sobre este assunto pode ser vista nas páginas dos anais da Academia de Ciências de Paris (*“Comptes Rendus Hébdomadaires des Séances de l’Académie des Sciences de Paris”*), que consistiam basicamente em notas não muito extensas.

Martins (1990) apresenta uma síntese interessante sobre o desenvolvimento de alguns estudos sobre os raios-X. Podemos citar, por exemplo, a sessão do dia (03/02/1896) da Academia de Ciências de Paris na qual,

[...] Moreau comunica que eles são emitidos pela descarga de alta voltagem de uma bobina de indução, sem a utilização de um tubo de vácuo e, portanto, sem raios catódicos (MARTINS, 1990, p. 30).

Benoist e Hurmuzescu observaram que os raios X são capazes de descarregar um eletroscópio. Na outra semana (10/02/1896) aparece o primeiro trabalho destinados a testar a sugestão de Poicaré (MARTINS, 1990, p. 30).

Nessa sessão, Poincaré apresenta à academia um trabalho de Chalés Henry. Ele testa inicialmente se o sulfeto de zinco fosforescente é capaz de aumentar o efeito dos raios X e conclui que sim: se um objeto metálico é parcialmente recoberto com uma camada de sulfeto de zinco, a radiografia desse objeto fica mais forte e nítida na região recoberta do que na região sem sulfeto de zinco (MARTINS, 1990, p. 30).

Na semana seguinte (17/02/1896), entre a já usual profusão de estudos sobre raios X, surge um trabalho de Niewenglowski que confirma e amplia os resultados de Henry. Ele utiliza um outro material fosforescente – sulfeto de cálcio (MARTINS, 1990, p. 30).

Passa-se mais uma semana. Na sessão de 24/02/1896, Piltchikof anuncia que, utilizando uma substância fortemente fluorescente dentro do tubo de Crookes, no local onde os raios catódicos atingem a parede do vidro, observou um grande aumento da intensidade dos raios X, permitindo a

realização de radiografias em 30 segundos (anteriormente, eram necessários vários minutos) (MARTINS, 1990, p. 31).

A intensa circulação das pesquisas voltadas para os raios-X, movimentou a comunidade científica da época e fez com que outros cientistas buscassem outros tipos de radiações empregando métodos semelhantes. Voltando às investigações de Becquerel, podemos mencionar que o físico buscava inicialmente em seus estudos a relação entre fluorescência e raios-X. Mesmo que, hoje com nossa compreensão atual saibamos que não existe uma relação direta entre a emissão de raios-X e a luminescência, essa compreensão errônea foi muito importante para as posteriores descobertas que levaram ao conceito de radioatividade (MARTINS, 1990).

Para estudar tal relação, os compostos de urânio eram bastante explorados nas pesquisas sobre luminescência, isto porque várias dessas substâncias fosforescentes que continham urânio, possuíam uma fluorescência intensa. Além disso, um modelo teórico aceito por Becquerel para o processo de absorção e emissão de luz na fluorescência e na fosforescência, se pautava na Lei de Stokes. Todavia, para o cientista, os casos que envolviam compostos de urânio poderiam violar tal lei (MARTINS, 2004).

Becquerel buscou testar se os compostos de urânio poderiam fazer o que os raios-X faziam, ou seja, marcar uma chapa fotográfica. Suas primeiras pesquisas foram apresentadas por meio de pequenas notas à Academia de Ciências. A primeira delas expôs a relação entre raios-X e luminescência, sendo publicada no dia 24 de fevereiro de 1896. Seu experimento consistiu em utilizar sulfato duplo de urânio e potássio, do qual Becquerel já possuía alguns cristais. Para tanto, o autor conclui “[...] que a substância fosforescente em questão emite *radiações* que passam através do papel opaco à luz e reduzem os sais de prata” (BECQUEREL, 1896a, p. 420-421).

Sobre esta nota, Martins (2004, p. 506), aponta que “O único aspecto relevante novo do primeiro artigo de Becquerel foi o uso de uma nova substância – o sulfato duplo de urânio e potássio. O resultado principal foi semelhante aos de Henry e Niewenglowski”. Somente na nota posterior publicada por Becquerel é que algo inesperado para suas interpretações ocorreu.

Inicialmente em seus experimentos Becquerel pensava que a luz do sol seria um fator determinante para a incidência das impressões fotográficas. Todavia, ao utilizar os mesmos flocos cristalinos de sal de urânio nas mesmas condições, as radiações foram mantidas no

escuro da gaveta de um móvel onde ele deixou os saís por alguns dias. A grande surpresa para Becquerel foi que ao contrário do que ele imaginava, as silhuetas apareceram com grande intensidade.

Esse fato inesperado já poderia ser explicado de acordo com conhecimento da época a respeito da fosforescência e a possibilidade de uma fosforescência invisível desconhecida já teria sido antecipada pelo próprio pai de Henri Becquerel (MARTINS, 2004).

Como o próprio Becquerel menciona em sua nota: “As características das *radiações luminosas* emitidas por esta substância foram outrora estudadas por meu pai e, desde então, tive a oportunidade de assinalar algumas particularidades interessantes que apresentam estas *radiações luminosas*” (BECQUEREL, 1896b, p. 501, grifos nossos).

A partir desta nota, podemos observar alguns termos utilizados por Becquerel para explicar suas observações, até então bastante exploratórias. No trecho explicitado acima, temos o uso do termo “radiações luminosas” para remeter as observações realizadas por seu pai anteriormente. A princípio podemos entender que o sentido dessas radiações atribuídas por Becquerel pode estar associado a um fenômeno de fosforescência e à capacidade das lamelas de sulfato duplo de urânio e potássio, “[...] corpo cuja fosforescência é muito viva e a duração de persistências luminosa inferior a $\frac{1}{100}$ de segundos” (BECQUEREL, 1896b, p. 501).

Nesta mesma nota, outro termo que surge para descrever o fenômeno seria *radiação ativa*, como podemos observar na descrição do seguinte experimento:

No fundo de uma caixa de cartão opaca, coloquei uma placa fotográfica, e depois, sobre a face sensível, coloquei uma lamela de sal de urânio, lamela convexa que só tocava no brometo de gelatina em poucos pontos; depois, ao lado, coloquei sobre a mesma placa uma outra lâmina do mesmo sal, separada da superfície do brometo de gelatina por uma fina lâmina de vidro; sendo esta operação executada na câmara escura, a caixa foi fechada e depois fechada numa outra caixa de papelão, e por fim colocada dentro de uma gaveta. Operei o mesmo com o receptáculo fechado por uma placa de alumínio, em que coloquei uma placa fotográfica, e depois, no exterior, uma lamela do sal de urânio. Tudo trancado numa caixa de papelão opaca e depois inseridas numa gaveta. Após cinco horas, desenvolvi as placas, e as silhuetas das lâminas cristalinas apareceram em preto, como nas experiências anteriores e como se tivessem sido tornadas fosforescentes pela luz. Para a lâmina colocada diretamente na gelatina, havia apenas uma diferença de ação entre os pontos de contato e as partes da lâmina que se afastavam cerca de um milímetro da gelatina; a diferença pode ser atribuída à distância diferente das fontes de *radiação ativa* (BECQUEREL, 1896b, p. 503, grifo nosso).

Nessa observação, Becquerel parece entender que esses novos resultados não são atribuídos às radiações luminosas emitidas por fosforescência, pois na medida em que, ao fim de $\frac{1}{100}$ de segundo, estas radiações tornaram-se tão fracas que quase não eram mais perceptíveis.

Para tanto, Becquerel lança a seguinte hipótese:

Uma hipótese que se apresenta naturalmente à mente seria a de supor que estas radiações, cujos efeitos têm uma grande analogia com os efeitos produzidos pelas radiações estudadas por MM. Lenard e Roentgen seriam *radiações invisíveis* emitidas por fosforescência e cuja duração de persistência seria infinitamente maior do que a duração de persistência das *radiações luminosas* emitidas por estes corpos. Todavia, as experiências presentes, sem serem contrárias a esta hipótese, não permitem formulá-la. As experiências que estou fazendo neste momento poderão, assim o espero, dar alguns esclarecimentos sobre esta nova ordem de fenômenos BECQUEREL, 1896b, p. 503, grifos nossos).

Podemos supor desta forma, a partir das descrições destes experimentos que as radiações luminosas estavam associadas ao fenômeno da fosforescência, mas que estes corpos estudados emitiam também radiações invisíveis com duração e persistência infinitamente maior, levando Becquerel (mesmo que hipoteticamente) interpretar essas radiações a partir de suas investigações como, “*radiações invisíveis emitidas por fosforescência*”.

Para haver fosforescência é necessário que a radiação incidente tenha energia suficiente para excitar os átomos do material. Desta forma, quando determinada substância absorve a luz produzida por alguma fonte externa, haverá remissão da mesma em forma de luz visível, mesmo que a fonte de radiação tenha cessado. A emissão desta luz varia de substância para substância, que pode ir de segundos a horas.

No caso dos raios X, como apontado anteriormente, os raios catódicos que incidem no vidro do tubo de Crookes, podem criar fosforescência, ou seja, fornecem energia ao material e este a reemite na forma de radiação luminosa. Nos experimentos realizados por Becquerel, no entanto, aparece um outro tipo de energia reemitida pelo material. Uma energia invisível, ou seja, algum tipo de radiação, não luminosa, mas sim, invisível. A duração dessa reemissão de energia varia conforme o material e conforme a luz (radiação incidente, ou seja, radiação ativa).

Um determinado material pode reemitir energia (fosforescência) na forma de radiação luminosa e radiação invisível simultaneamente. No entanto, a duração dessa

reemissão pode ser diferente. A radiação invisível parece, como observado experimentalmente por Becquerel, ser muito mais duradoura do que a luminosa (visível).

Por que esses fenômenos eram interpretados como diferentes tipos de fosforescência? Porque o princípio da conservação de energia já guiava o estilo de pensamento dos físicos e químicos na época. Neste estilo de pensamento, um material só poderia emitir energia, se tivesse recebido energia.

É importante considerar um aspecto que Fleck pontua sobre a gênese e desenvolvimento dos fatos científicos: “[...] a observação de partida não pertence necessariamente àquela classe de fenômenos que dela surgiu” (FLECK, 2010, p. 139). Neste caso, a classe de fatos consistia na emissão de raios, sendo alguns deles, relacionados com a fosforescência.

Uma semana após essa importante comunicação de Becquerel sobre a radiação do sal de urânio mantido no escuro, a Academia de Paris recebeu uma nova confirmação da conjectura de Poincaré, trazida agora por Troost que ao confirmar os experimentos de Charles Henry com sulfeto de zinco fosforescente afirmou a existência de “[...] fortes efeitos radiográficos quando a fosforescência da blenda era excitada por luz de magnésio. Troost se referiu aos trabalhos de Niewenglowski e Becquerel como investigações sobre o mesmo fenômeno, predito por Poincaré” (MARTINS, 2004, p. 507).

Na terceira comunicação realizada por Becquerel à Academia, foi anunciado que a radiação invisível emitida pelos sais de urânio tinha a propriedade de descarregar os corpos eletrificados. Ao estudar a radiação do sulfato de urânio e potássio, ele concluiu que essa radiação pode refletir em superfícies metálicas e refratar no vidro comum. Além disso, Becquerel nesta mesma comunicação relata que mesmo o material fosforescente ficando guardado na obscuridade, os sais de urânio continuam a sensibilizar as chapas (BECQUEREL, 1896c).

Dias depois em nova nota, sobre outros testes com sais de urânio. “Becquerel afirma que a radiação aumenta quando os cristais que estavam no escuro são expostos a luz solar ou quando são iluminados por uma descarga elétrica” (MARTINS, 1990, p. 37). Nesta nota, observamos a utilização dos mesmos termos para descrição dos fenômenos, como evidenciam os trechos a seguir:

[...] as variações angulares são sensivelmente proporcionais ao tempo, de modo que a velocidade da aproximação ou a fração de grau em que as folhas

de ouro se aproximam em um segundo pode dar uma ideia das intensidades relativas das *radiações ativas* (BECQUEREL, 1896d, p. 690, grifo nosso).

Se o fenômeno da emissão de *radiações invisíveis* que estamos estudando for um fenômeno de fosforescência, devemos ser capazes de demonstrar a excitação por determinadas radiações. Este estudo é dificultado pela persistente prodigiosa da emissão quando os corpos são mantidos no escuro, protegidos das *radiações luminosas* ou das *radiações invisíveis* cuja natureza conhecemos (BECQUEREL, 1896d, p. 691, grifos nossos).

Os sais de urânio emitem *radiação invisível* com notável consistência, mas esse não é o caso de outras substâncias fosforescentes (BECQUEREL, 1896d, p. 693, grifo nosso).

Ao fim de mais quinze dias, os sais de urânio continuam emitindo radiações quase tão intensas como no primeiro dia. Ao dispor numa mesma placa fotográfica, através do papel preto, uma lamela mantida durante muito tempo na escuridão e outra que acaba de ser exposta à luz do dia, a impressão da silhueta da segunda é um pouco mais forte que a primeira. /.../ O fenômeno parece ser um fenômeno de *fosforescência invisível*, mas que não parece estar intimamente ligado à fosforescência ou à fluorescência visível. Com efeito, se os sais de sesquióxido de urânio são muito fluorescentes, sabe-se que os sais, cujas curiosas propriedades absorventes tive ocasião de estudar, não são fosforescentes nem fluorescentes. Ora, o sulfato uranoso comporta-se como o sulfato de urânio, emitindo *radiações invisíveis* intensas (BECQUEREL, 1896d, p. 691, grifos nossos).

Consideramos a partir da descrição destes novos experimentos comunicados por Becquerel, que o avanço maior levantado para construção do fenômeno estudado foi o de perceber que o mesmo, não parecia estar intimamente associado nem a fosforescência ou a fluorescência visível. Além disso, outra observação importante levantada por Becquerel a partir de seus experimentos, se refere à persistência da duração desta fosforescência, que era realmente um diferencial do urânio.

Após algumas semanas, Becquerel investiga a emissão de novas radiações agora com urânio metálico. Os termos utilizados para suas interpretações são, *radiações ativas e fosforescência invisível*.

Eu mostrei, há alguns meses atrás, que os sais de urânio emitem radiações, cuja existência ainda não foi reconhecida, e que essas radiações têm propriedades notáveis, algumas das quais são comparáveis às propriedades da radiação estudada por M. Rontgen. Radiações de sais de urânio são emitidas, não apenas quando as substâncias são expostas à luz, mas também quando são mantidas no escuro e, por mais de dois meses, os mesmos fragmentos de vários sais, mantidos protegidos de toda radiação de excitação conhecida, continuaram a emitir, quase sem um enfraquecimento considerável, as novas radiações. De 3 de março a 3 de maio, essas

substâncias estavam contidas em uma caixa de papelão opaca. Desde 3 de maio, elas foram colocadas em uma caixa de chumbo duplo, que não saiu da sala escura. Um arranjo muito simples permite que uma placa fotográfica seja deslizada sob um papel preto esticado paralelamente ao fundo da caixa e sobre o qual repousam as substâncias do experimento, sem que sejam expostas a qualquer radiação que não passe pelo chumbo. Nestas condições, as substâncias estudadas continuam a emitir *radiações ativas*. (BECQUEREL, 1896, p. 1086-1087, grifo nosso).

Embora continuando o estudo destes fenómenos novos, pensei que não era inútil assinalar a emissão produzida pelo urânio, que, creio ser o primeiro exemplo de um metal que apresenta um fenómeno da ordem de uma *fosforescência invisível* (BECQUEREL, 1896, p. 1898, grifo nosso).

Podemos interpretar, ao analisar a relação entre os termos destacados e os experimentos realizados por Becquerel, que principalmente, os termos “radiações invisíveis” e “radiações ativas” utilizados com grande frequência, estavam ligados ao resultado observado das substâncias fosforescentes sensibilizarem ou não as placas fotográficas. Como exemplo, podemos mencionar o trecho a seguir:

Obtive, com sulfeto de cálcio, resultados da ordem dos dados por sais de urânio e mencionei, em minha última nota, um teste de notável intensidade através de um diâmetro de 2^{mm} 'alumínio. O mesmo material fosforescente, colocado em uma segunda placa fotográfica, nas mesmas condições, *mostrou-se inativo* e, desde então, não consegui obter qualquer imagem com sulfuretos de cálcio; eu tive o mesmo insucesso com amostras de blenda hexagonal de várias fontes. Procurei então comunicar uma nova *atividade* a estes corpos através de vários processos conhecidos. Aqueci-os na presença da placa fotográfica sem a aquecer, e não consegui obter qualquer impressão. Numa outra série de experiências, as diversas substâncias foram arrefecidas a -20°, excitadas pela luz do dia e do magnésio e colocadas na placa fotográfica; apenas os sais de urânio forneceram imagens (BECQUEREL, 1896d, p. 693-694, grifos nossos).

Além disso, ao concluir que o fenómeno em estudo não está relacionado à fosforescência ou fluorescência visível, Becquerel propõe ser um fenómeno da ordem de uma fosforescência invisível de grande persistência e duração. E esta *atividade*, a qual ele se refere pode ser a própria fosforescência, ou seja, se um material não emite luz depois de ativado, ele se mostra inativo. Não se tratava de um novo fato, mas de uma nova variação de um fato já conhecido.

Com base nas notas publicadas por Becquerel podemos verificar que o autor fez avanços importantíssimos para época, mas não estabeleceu em seus experimentos a natureza

das radiações emitidas pelo urânio nem a questão sub-atômica envolvida no processo (MARTINS, 1990).

Tanto em suas pesquisas como em outras que ocorriam concomitante, como a de Charles Henry e outros, baseados na hipótese de Poincaré, apresentavam resultados de difícil interpretação. Até mesmo porque naquele contexto, tais pesquisas não tiveram grande impacto na descoberta dos raios X (MARTINS, 1990).

Becquerel colocou a fundação e construiu a maior parte do edifício. Mas sua crença equivocada de que os raios de urânio poderiam ser refratados e polarizados resultou na má interpretação da natureza do fenômeno e a satisfação geral que esses raios foram ainda melhor compreendidas do que raios-x (que não foram conhecidos por possuir estas propriedades) (BADASHI, 1965, p.134).

Nas duas publicações de Becquerel discutidas anteriormente temos, portanto, a utilização dos seguintes termos: *Radiações luminosas*; *Radiações ativas*, *Radiações invisíveis* e *Fosforescência invisível*. Mesmo Becquerel não atribuindo um termo único para expressar sua compreensão do fenômeno que sempre estava ligada a interpretação de seus experimentos, entre a comunidade de pesquisadores era comum as radiações emitidas pelos compostos de urânio serem conhecidas como: “raios de Becquerel” ou “raios de urânio”.

Radiações ativas parecem ser compreendidas como aquelas emitidas por um material após sua ativação, ou seja, após sua excitação por algum modo. Assim, o termo “radiações ativas” não designa um único tipo de radiação, mas um conjunto. E seu sentido está conectado ao de fosforescência (processo já conhecido e que embasava o desenvolvimento de várias investigações). O que dá sentido, tanto às palavras quanto aos fenômenos, aos fatos, é o estilo de pensamento da época, caracterizado pelo processo de fosforescência.

Um fato importante a ser destacado foi levantado por Jauncey (1946, p. 227),

É preciso lembrar que em 1896 a palavra "raio" ainda significava um estreito feixe de radiação ou de vibrações etéreas. Não se percebeu que um "raio" poderia ser um feixe estreito de ondas ou uma partícula em movimento. Nenhum conceito de partícula menor que o átomo de hidrogênio estava na mente de ninguém na época. O elétron ainda não havia sido descoberto.

De acordo com Martins (1990), de maio de 1896 ao início de 1898, os estudos sobre este assunto ficaram estagnados. “O único resultado novo, durante esse tempo, foi o de que a

radiação do urânio permanecia forte ao longo dos meses, apesar de não haver recebido luz. Embora Becquerel ainda afirmasse que a excitação pela luz aumentava a radiação emitida [...]”. (p. 39).

Outro fator que reforça como Becquerel estava preso à conjectura de Henri Poincaré, pode ser observado nos títulos de suas três primeiras publicações: “Sobre as radiações emitidas por fosforescência”, “Sobre as radiações invisíveis emitidas por diversos corpos fosforescentes”, e “Sobre algumas novas propriedades das radiações invisíveis emitidas por diversos corpos fosforescentes”. Mesmo que em seus estudos seguintes com urânio metálico, Becquerel também verificou que essa substância emitia essa mesma radiação, ele não concluiu que essa radiação fosse uma propriedade do urânio, mas manteve a hipótese da luminescência, considerando o urânio metálico o primeiro caso de uma material que emitia radiação por fosforescência (CORDEIRO; PEDUZZI, 2010).

Entre os cientistas que em 1896 buscavam por outras radiações penetrantes, após a descoberta dos raios X anunciados por Roentgen, na Inglaterra, Silvanus P. Thompson, havia, simultânea e independentemente, observado a ação estranha dos raios de urânio. “Como muitos outros, ele concebeu a idéia de colocar substâncias fluorescentes em contato com a placa fotográfica, a fim de encurtar as longas exposições então necessárias para obter imagens de sombras de raios-X” (BADASHI, 1965, p.129).

Thomson (1896) atribuiu a este fenômeno o nome de hiper-fosforescência assumindo que,

O fenômeno de emissão persistente desses raios invisíveis pelos compostos de urânio, muito tempo depois de qualquer estímulo elétrico ou luminoso ter deixado de ser aplicado, parece, portanto, ter a mesma relação com a emissão transitória deles no tubo de Crookes que a emissão persistente de luz visível pelos corpos fosforescentes causa a emissão transitória de luz pelos corpos fluorescentes. Portanto, o escritor se atreve a dar ao novo fenômeno assim observado independentemente por M. Becquerel e por si mesmo o nome de *hiperfosforescência*. Um corpo hiper-fosforescente é aquele que, após o devido estímulo, exhibe uma emissão persistente de raios invisíveis não incluídos no espectro até então reconhecido (THOMPSON, 1896, p. 107).

O trabalho do autor não ganhou muita credibilidade na época e, praticamente, não era citado na literatura. Além disso, nos dois primeiros anos de desenvolvimento das pesquisas sobre essas novas radiações entre 1896 e 1897, além dos artigos de Becquerel haviam poucos trabalhos de pesquisa que se dedicavam ao estudo deste fenômeno. Até mesmo os trabalhos

de Becquerel que foram amplamente abstraídos não receberam destaque especial, o próprio autor após a publicação de sua nota, investigando as emissões por urânio metálico, parece ter se desinteressado pelo assunto. A atenção inicialmente estava toda voltada para os raios-X, tanto na comunidade científica quanto na circulação do assunto na mídia jornalística da época (BADASH, 1965).

Podemos mencionar que até então, os fenômenos publicizados não só por Becquerel, como para os demais cientistas interessados pelas investigações dos compostos de urânio, apresentaram elementos novos, mas ainda não se configurava com um fato novo, mas como uma subclasse de um fenômeno já conhecido, neste caso, a fosforescência.

Nas primeiras observações confusas em relação a qualquer estilo de pensamento, o pesquisador busca semelhanças com o já conhecido, tentando interpretá-lo, muitas vezes a cada novo teste, maior era a distância daquilo que já está estabilizado de acordo com determinado estilo de pensamento entre o coletivo (FLECK, 2010). “Assim nasce o fato: primeiro um sinal de resistência no pensamento inicial caótico, depois uma certa coerção de pensamento e, finalmente, uma forma (Gestalt) a ser percebida de maneira imediata” (FLECK, 2010, p. 144).

Naquela altura, os *raios de urânio* ainda não se destacaram como algo particularmente significativo. Badashi (1965, p. 134) ressalta a dificuldade em localizar artigos sobre o assunto nos índices de muitos periódicos científicos: “[...] podemos comparar essas poucas publicações sobre raios de urânio com os aproximadamente 50 livros e panfletos e 1000 artigos sobre raios-X somente em 1896”.

2.3 O SURGIMENTO DE UM NOVO SENTIDO

Os estudos desenvolvidos por Marie e Pierre Curie com início entre o final de 1897 e início de 1898 foram fundamentais para a compreensão dos raios de urânio até então pouco entendidos por parte da comunidade científica.

Marie Curie nasceu na Varsóvia-Polônia, mas teve seus estudos desenvolvidos na França. Diplomada em Física e Matemática, seu primeiro trabalho de pesquisa se refere às propriedades magnéticas de ligas de ferro. Com 30 anos de idade, iniciou a busca de um tópico para desenvolver sua tese de doutoramento, apesar dos *raios de Becquerel* ou *raios de urânio* serem pouco populares em comparação aos raios-X, ela escolheu este tema para seu campo de estudo em 1897, com orientação de Henri Becquerel (MOULD, 1998).

A proposta de sua pesquisa de tese foi de investigar os raios de urânio utilizando o método elétrico. Todavia, o que pode ter motivado Marie a tomar essa decisão? Ao levantar este questionamento, Martins (2004) pontua algumas hipóteses para esta motivação, sendo que a primeira delas, pode estar relacionada ao aparato experimental utilizado para realizar tal medição desenvolvido por Pierre Curie e seu irmão Jacques (este aparato será melhor descrito posteriormente neste texto). “Por outro lado, é possível que Jean Perrin e Georges Sagnac, amigos do casal Curie tivessem alguma influência na escolha, já que ambos haviam pesquisado a condutividade do ar produzida pelos raios X, e Sagnac havia escrito a respeito da radiação do urânio” (MARTINS, 2004, p. 7).

Em 1898, Marie Curie publica seus resultados por meio de uma nota na Academia de Ciência Francesa, após examinar vários metais, sais, óxidos e minerais como óxido de urânio, amônio, potássio, óxido de tório, sulfato de urânio, entre outros. Nestes experimentos, Marie Curie identificou vários aspectos importantes que impulsionaram novos estudos e descobertas, destacamos alguns deles a seguir:

Todos os compostos de urânio estudados são ativos, e são em geral, especialmente porque contêm mais urânio.

Os compostos de tório são muito ativos. O óxido de tório excede mesmo em atividade o urânio metálico.

Nota-se que os dois elementos mais ativos, urânio e tório, são aqueles que possuem peso atômico mais forte (CURIE, 1898, p. 1102).

Percebemos logo no início das pesquisas de Marie a mudança de olhar para o mesmo fenômeno e a sutil ressignificação do termo “ativo”. Esta mudança possui relação com o método experimental empregado. O novo método experimental permite que ela possa quantificar a atividade (mesmo que possivelmente ainda implicitamente compreendida como fosforescência ou hiperfosforescência). E ainda, associar essa atividade dos materiais com o tipo de material, sua quantidade, e ainda, ao seu peso atômico.

De fato, os efeitos elétricos da radiação eram mais precisos do que o uso da fotografia nas pesquisas das radiações, isto porque a ionização do ar permitia quantificar essas radiações.

O método fotográfico, utilizado por Becquerel nos seus principais estudos, não permitia medidas, sendo puramente qualitativo. A intensidade das manchas fotográficas dependia evidentemente do próprio material fotográfico utilizado (e as chapas variavam muito de sensibilidade), assim como do processo de revelação, sendo impossível fazer uma comparação

adequada entre duas fotografias obtidas em épocas diferentes. Além disso, o processo fotográfico é influenciado pela temperatura, umidade, pressão e por muitas substâncias químicas, por isso o surgimento de uma mancha em uma placa fotográfica podia ocorrer tanto por influência de radiações penetrantes como por outros motivos (MARTINS, 2004, p.5).

Marie também faz referência aos raios de Roentgen ao observar certas semelhanças entre as propriedades dos raios descobertos por ele e as propriedades dos raios emitidos pelo urânio e tório recentemente estudados também por M. Sagnac. E complementa,

Notei, além disso, que sob a ação dos raios de Roentgen, urânio, pechblenda e óxido de tório emitem raios secundários que, do ponto de vista da descarga de corpos eletrificados, são geralmente mais eficazes que os raios secundários. Entre os metais estudados por M. Sagnac, urânio e tório viriam colocar-se lado a lado ao Chumbo. Para interpretar a irradiação espontânea do urânio e do tório, poder-se-ia imaginar que todo o espaço é constantemente atravessado por raios análogos aos raios de Roentgen, mas muito mais penetrantes que podem ser absorvidos apenas por certos elementos de grande peso atômico, tais como urânio e tório (CURIE, 1898, p. 1103).

Ao estudar anotações de alguns dos cadernos de laboratório de Marie Curie, Martins (2003) afirma que os primeiros experimentos realizados por ela e por Pierre Curie se destinavam a testar se a emissão de radiação pelo urânio era como discutido no tópico anterior, um tipo de fosforescência invisível, como Becquerel e Thompson acreditavam. Todavia, foi identificado que “Mesmo submetendo o urânio a raios X, isso não influenciava a emissão de radiação, por isso provavelmente não se tratava de um fenômeno semelhante à fosforescência. Os primeiros resultados levavam, por isso, a questionar o conceito de hiperfosforescência” (MARTINS, 2003, p. 9).

Aparentemente o novo método experimental utilizado por Marie permitia que a mesma desenvolvesse uma nova interpretação para o mesmo fenômeno. Mas então, como a radiação do urânio apresentava uma longa persistência de tempo após sua ativação? Foi o que levou Marie a acreditar que o urânio parecia apresentar uma emissão de radiação (energia) espontânea, ou seja, independentemente de uma ativação, como não pode haver emissão de energia sem absorção, ela supôs ser um processo de ativação ou absorção de raios invisíveis.

Neste mesmo ano, em nova nota publicada a Academia de Ciência (agora assinada também por Pierre Curie), o casal dá um grande passo em suas investigações. No próprio título da comunicação, *“Sobre uma nova substância radioativa, contida na substância*

Pechblenda”, surge pela primeira vez o termo “radioativa”. O novo termo surge porque se conhecem outras nuances sobre o objeto estudado, não se trata mais de fosforescência ou de uma variação dela (a hiperfosforescência), mas de uma outra espécie de fenômeno, um novo fato, que vai se constituir num novo estilo de pensamento.

Como exposto na nota anterior, os Curies verificaram que certos minerais contendo urânio e tório como a *pechblenda*, *calcolita* e *uranita*, são muito mais ativos do ponto de vista dos raios de Becquerel, possuindo uma atividade muito maior do que a do urânio e do tório, atribuindo este efeito a alguma substância muito ativa contida nestes minerais.

A partir desta hipótese de que as radiações que estavam estudando nestes minerais eram uma propriedade atômica diferente dos outros elementos químicos, fato que até então não havia sido levantado por nenhum pesquisador, o casal Curie ansiava isolar esta substância ativa na *pechblenda* por meio de alguns processos químicos.

Nossas pesquisas químicas têm sido constantemente guiadas pelo controle da *atividade radiante* de produtos separados em cada operação. Cada produto é colocado num dos tabuleiros de um condensador, e a condutibilidade adquirida pelo ar é medida com a ajuda de um eletrômetro e de um quartzo piezoelétrica, como no trabalho acima referido. Temos assim não só uma indicação, mas um número que dá conta da riqueza produzida em *substância ativa*. A *pechblenda* que nós analisamos era aproximadamente duas vezes e meia mais ativa do que o urânio em nossa aparelhagem (CURIE; CURIE, 1898, p. 176, grifos nossos).

Continuando o tratamento deste mineral, os cientistas realizaram alguns testes, como, por exemplo, verificar sua solubilidade em alguns ácidos, de modo que conseguissem isolar essa substância ativa, previamente identificada. No entanto, até este ponto não encontraram uma forma de separá-la do Bismuto. Outra observação importante se refere aos resultados a partir do aquecimento da *pechblenda*, que gerava produtos muito ativos por sublimação, levando à busca por processos de separação por diferença de volatilidade. A partir das diversas operações, eles obtinham produtos cada vez mais ativos, chegando até em uma substância cuja atividade era aproximadamente 400 vezes maior do que a do urânio.

Esse resultado foi um tanto surpreso para Marie e Pierre Curie que a princípio esperavam que a *pechblenda* mostrasse uma atividade menor que a identificada pelo urânio metálico, isto porque Becquerel havia detectado que a radiação do urânio metálico era mais intensa do que de qualquer um de seus compostos. Esse fato, de acordo com o caderno de laboratório de Marie Curie, se relaciona com a possibilidade de ter ocorrido um erro

experimental, suas anotações mostraram que Marie examinou toda aparelhagem, refazendo os testes e suas medidas, mas que, por fim, confirmou seus resultados iniciais (MARTINS, 2003).

Depois de examinarem compostos de quase todos os corpos simples com a ajuda de vários químicos que forneceram a eles substâncias raras, Pierre e Marie puderam chegar à seguinte conclusão na publicação daqueles resultados: “Cremos, portanto, que a substância que retiramos da pechblenda contém um metal ainda não assinalado, vizinho do bismuto pelas suas propriedades analíticas. Se confirmada a existência deste novo metal, propomos que se chame polônio, nome do país de origem de um de nós” (CURIE; CURIE, 1898, p. 177).

Os resultados e conclusões provisórias foram relatados à Academia Francesa em 18 de julho de 1898. “No entanto, naquela época, a existência de um novo elemento em pequenas quantidades só era aceita se o seu espectro pudesse ser obtido. Uma vez que os Curies não apresentaram tais provas, essas evidências foram recebidas com reservas” (JAUNCEY, 1946, p.231). O autor ressalta ainda que esse fato era natural, uma vez que os conhecimentos sobre a radioatividade estavam surgindo e ainda eram mal compreendidos. Assim, este novo "elemento" era semelhante ao zinco em suas propriedades químicas, mas diferia dele por ser radioativo.

Nas interpretações dos experimentos dos Curies parece haver outro estilo de pensamento: o pensamento químico. Mesmo que Marie e Pierre não fossem químicos, pareciam conhecer muito sobre alguns processos que envolviam esse saber, como propriedades analíticas, processos de isolamento de elementos químicos, técnicas de separação de misturas, entre outros. Teríamos aqui o que Fleck chama de tráfego intercoletivo, enquanto os trabalhos anteriores se situavam no coletivo da física, este se situa no entremeio. O termo “Radioatividade” nasce, portanto, desse tráfego intercoletivo.

Neste tráfego intercoletivo de pensamentos há um deslocamento e alteração nos valores destes pensamentos. Da mesma forma que dentro de um coletivo de pensamento, a maneira comum de pensar fortalece o pensamento, à medida que ocorre uma migração intercoletiva sobre os valores deste pensamento, há um enfraquecimento do mesmo, até que ocorra a mudança no sentido daquela forma de pensar e/ou até mesmo uma possível aniquilação completa de algum sentido (FLECK, 2010).

O papel criativo do especialista é extremamente importante na investigação de um novo fato, pois ele atua “[...] como personificação do ponto de interseção de diversos coletivos de pensamento e de diversas linhas evolutivas e como centro personificado de novas

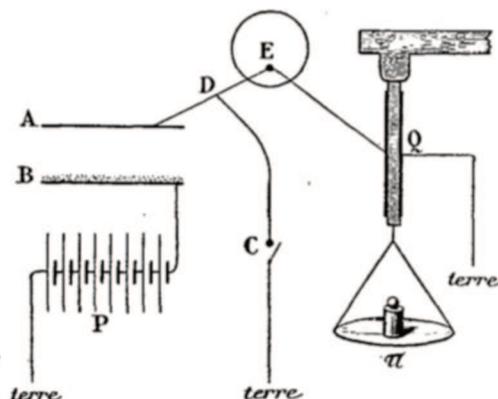
ideias” (FLECK, 2010, p. 171). Até porque, durante o início das investigações do fenômeno que hoje chamamos de “radioatividade”, não era regido por nenhuma teoria pré-existente de modo que essa fase pré-teórica, era guiada por analogias e conjeturas (MARTINS, 2004).

É importante mencionar ainda, que apenas no título deste artigo houve menção à palavra “radioativa”; contudo, no decorrer desta comunicação os autores não a mencionaram novamente, utilizando, na maioria das vezes, termos como: “*substância ativa*” e “*atividade radiante*”, sendo esta última citada apenas uma vez. De todo modo, o sentido de “ativo”, “atividade” é diferente do sentido atribuído nos trabalhos de Becquerel. Essa mudança de sentido possui relação com a gênese de um novo fato.

A palavra “Radioatividade” tal qual como circula nos dias de hoje, embora com sentido distinto, só foi aparecer pela primeira vez em 1899 no artigo de Marie Curie intitulado: “Os raios de Becquerel e de Polônio”. Nessa discussão, Marie destaca que vários estudos estão sendo realizados sobre os raios de urânio e cita M. Becquerel, Lord Kelvin e MM. Beatlie e Smoluchowski, de MM. Elster e Geilel e M. Schmidt. Estes estudos contavam em geral, com o método elétrico que consistia em medir a condutibilidade do ar sob a influência desses raios. A principal vantagem desse método, segundo Marie, seria o fato de ser rápido e fornecer números que poderiam ser comparados entre si.

Neste mesmo artigo Marie descreve o aparato experimental utilizado por ela, para estudar a condutibilidade do ar sob influência dos raios emitidos por substâncias radioativas, consiste basicamente em um capacitor de placa AB, como pode ser representado na figura 4 a seguir:

Figura 4 - Aparato de medição utilizado nos experimentos de Marie Curie



Fonte: Curie (1899, p. 42).

Na bandeja B a *substância ativa* era pulverizada e espalhada, tornando o ar entre as bandejas condutor. Esta condutibilidade podia ser medida elevando a bandeja B a um potencial elevado ligando a um dos pólos de uma pilha P de um grande número de elementos, cujo outro pólo se encontra em terra (*terre*). “A bandeja A que está sendo mantida ao potencial da terra através do fio CD uma corrente elétrica atravessa o espaço compreendido entre as bandejas. O potencial da plataforma A é indicado por um eletrômetro E” (CURIE, 1899, p. 42). Portanto, se a comunicação em terra for interrompida por C, a plataforma A carrega-se, e esta carga desvia o eletrômetro.

A partir dos estudos de Becquerel, Marie afirma que era natural questionar se o urânio era o único metal a apresentar essas propriedades. Schmidt e Marie Curie chegaram de maneira independente a uma importante conclusão. Schmidt na Alemanha, por exemplo, realizou testes com um grande número de elementos e encontrou que apenas o tório, possuía propriedades semelhantes ao urânio. Marie realizou o mesmo estudo revendo vários compostos e chegou ao mesmo resultado, apenas os compostos de tório se mostraram ativos. Além disso, Marie notou uma primeira aproximação entre a atividade dos óxidos desses metais, que são mais ativos quanto mais urânio ou tório ele continha.

Os raios urânicos foram frequentemente chamados de raios de Becquerel. Pode generalizar-se este nome aplicando-o não só aos raios urânicos, mas também aos raios tóricos e a todas as radiações de mesma natureza. Chamarei de *substâncias radioativas* aquelas que emitem raios de Becquerel. O nome de hiperfosforescência que foi proposto para o fenômeno, dá, na minha opinião, uma ideia errada de sua natureza (CURIE, 1899, p. 42, grifo nosso).

Dessa forma, os únicos elementos radioativos conhecidos até então eram o urânio e o tório, estes por sua vez, segundo Marie, possuíam os maiores pesos atômicos, 240 e 230, respectivamente, e eram encontrados nos mesmos minerais.

Em relação à discordância de Marie sobre a hiperfosforescência, Martins (2003) afirma que aparentemente, se deve aos resultados dos primeiros experimentos desenvolvidos por ela, que consistiam em testar se a emissão de radiação pelo urânio era mesmo um tipo de fosforescência invisível, como Becquerel e Thompson defendiam. Todavia, ao submeter o urânio a raios X foi identificado que a luz não influenciava na emissão de radiação, por isso não se tratava de um fenômeno semelhante à fosforescência. Isto porque “A intensidade da luz emitida por materiais fosforescentes é fortemente influenciada pelo aquecimento e

também aumenta quando o material é colocado sob luz forte, diminuindo lentamente depois, no escuro” (MARTINS, 2003, p. 9). Além disso, para este mesmo autor é provável que Marie tenha adotado a hipótese de que a emissão de radiação penetrante é uma propriedade atômica, devido aos seguintes fatores:

Depende da presença de alguns elementos químicos particulares. A intensidade da radiação é proporcional à porcentagem desses elementos químicos nos compostos estudados (descontando-se a absorção produzida por elementos inertes). Não depende de propriedades moleculares (outros elementos químicos inativos não alteram a emissão de radiação). Note-se que não havia sido feita ainda nenhuma suposição de que estivesse ocorrendo alguma transformação dos átomos (eles eram considerados imutáveis) (MARTINS, 2003, p.11).

Um grande passo dado por Marie em meio a essas investigações partiu de uma contradição nos resultados obtidos em seus testes, no qual os compostos puros de urânio, se apresentaram menos ativos que o próprio urânio. “É, pois, provável que, se a pechblenda, a calcolita e autunita tenham uma atividade tão forte, que estas substâncias contenham (em pequena quantidade) um material altamente radioativo e diferente do urânio, do tório e dos corpos simples atualmente conhecidos” (CURIE, 1899, p. 43).

A partir disto, Marie e Pierre trabalharam na pesquisa desta substância na pechblenda.

Reconhecemos em primeiro lugar que a pechblenda fornece, por sublimação no vácuo, produtos extremamente ativos (30 vezes mais ativos do que o urânio); mas obtemos muito pouco. Preferimos atacar a pechblenda pelos ácidos e, em seguida, realizar a análise, deixando-nos constantemente guiar pelo *teste da radioatividade* dos produtos separados em cada operação. Com efeito, estávamos na posse de um reagente muito sensível que, aliás, era único, uma vez que as propriedades químicas da substância em estudo nos eram completamente desconhecidas (CURIE, 1899, p. 43, grifo nosso).

Acreditamos que a pechblenda contém um elemento desconhecido. Este elemento parece ser um metal que se aproxima analiticamente do bismuto. Sugerimos que chamássemos a este metal polônio. Se a existência do novo metal for confirmada, a sua descoberta será devido ao conhecimento dos raios de Becquerel. A *intensidade radioativa* do polônio é surpreendente quando comparada com a do urânio e do tório (CURIE, 1899, p. 43, grifo nosso).

Neste sentido, Jauncey (1946), destaca a ousadia dos Curies, principalmente em supor que essa radiação invisível do urânio detectada era uma propriedade atômica. Outro avanço relevante foi o de assumirem o teste elétrico para radioatividade, que era muito mais

sensível para buscar quantidades mínimas de outro elemento radioativo do que métodos de análises químicas e espectrais, muito utilizado naquela época.

Como já mencionamos, a forma de circulação dos textos que relatavam os experimentos realizados pelos pesquisadores naquele contexto, se davam pela publicação de pequenas notas no “Comptes Rendus Hébdomadaires dês Séances de l’Académie des Sciences de Paris” (Academia de Ciências de Paris), em revistas científicas como: “Révue Générale des Sciences” (revista francesa) e Philosophical Magazine Series (revista britânica), entre outras. A forma e estrutura destes textos se assemelham ao que Fleck nos descreve como ciência dos periódicos.

As duas principais características da ciência dos periódicos são a marca do provisório e pessoal. A marca do provisório pode ser reconhecida na,

[...] cautela específica dos trabalhos em periódicos, que pode ser reconhecida em expressões características como: “tentei provar que...”, “parece ser possível que...”, ou ainda de forma negativa: não se pôde provar que...” desde então não consegui obter qualquer imagem com sulfuretos de cálcio; eu tinha tido o mesmo insucesso com amostras; (FLECK, 2010, p. 172).

Para Fleck esses fatores deslocam o julgamento da existência ou não de um fenômeno por parte do pesquisador individual para o coletivo já legitimado. Nos trechos destacados, principalmente nos trabalhos de Becquerel e dos Curries, podemos identificar essa marca em alguns momentos. Não cabe aqui repetir a citação destes trechos, mas apenas destacar algumas frases utilizadas, como: “*Uma hipótese que se apresenta naturalmente à mente seria a de supor que estas radiações /.../*”; “[...] *deve ser possível* colocar em evidência da excitação pela radiação determinada”; O fenômeno *parece ser* um fenômeno de fosforescência invisível; “[...] a emissão produzida pelo urânio, que, *creio ser* o primeiro exemplo de um metal /.../; *Se confirmada* a existência deste novo metal, propomos que se chame polônio”.

O aspecto pessoal do trabalho do pesquisador na ciência dos periódicos possui certa relação com o anterior. “A fragmentariedade dos problemas, a causalidade do material [...] detalhes técnicos, enfim: o fato de o material de trabalho ser primeiro e único o associa inseparavelmente ao autor” (FLECK, 2010, p. 172). Observamos também essa característica nas publicações analisadas. Havia uma grande fragmentariedade nas publicações, que, muitas vezes, eram realizadas todas as semanas, a cada resultado novo havia uma publicação para

descrever todo o processo experimental desenvolvido e a interpretação destes experimentos, dos avanços alcançados, das limitações encontradas, do equipamento utilizado, das condições em que tais experimentos eram desenvolvidos, entre outros aspectos.

2.4 SOBRE A TEXTUALIZAÇÃO DO FENÔMENO NAS NOBEL LECTURES

As conferências Nobel fazem parte da circulação mais ampla do conhecimento científico e possuem um papel muito importante na história da produção destes conhecimentos, quando se fala principalmente em publicização e reconhecimento de algumas pesquisas de grande impacto para o desenvolvimento da ciência historicamente. Desde os primeiros prêmios, cada ganhador elaborava e realizava uma comunicação para a comunidade científica e uma forma de materialização deste discurso se dava por meio das *Nobel lectures*⁹.

Os primeiros prêmios Nobel foram concedidos no dia 10 de dezembro de 1901, sendo realizada também neste dia a primeira cerimônia de entrega do prêmio. Um fato interessante e que já não ocorre mais atualmente é que naquela cerimônia os nomes dos ganhadores do Prêmio Nobel foram mantidos em sigilo e revelados apenas no mesmo dia¹⁰. Desde 1901, houve a concessão do Prêmio Nobel 597 vezes a 950 laureados, como havia a possibilidade de ganhar o prêmio mais de uma vez, alguns receberam o prêmio duas vezes, resultando um total de 919 pesquisadores e 24 organizações a receberam o Prêmio Nobel ou o Prêmio Sveriges Riksbank em Ciências Econômicas em Memória de Alfred Nobel¹¹.

No ano de 1903 o Prêmio Nobel de Física foi dividido, sendo que metade foi concedido a Antoine Henri Becquerel e a outra metade para Pierre e Marie Curie que investigaram e forneceram grandes avanços sobre os fenômenos da radiação de urânio investigados inicialmente por Henri Becquerel. Neste mesmo ano Becquerel realizou sua comunicação ao ganhar o prêmio. Pierre e Marie Curie, no entanto, não conseguiram se

⁹ As *Nobel Lectures* são transcrições oficiais das palestras realizadas pelos pesquisadores durante a premiação do Nobel e se encontram disponíveis em língua inglesa no sítio: <https://www.nobelprize.org/>

¹⁰ Mais informações em: Os primeiros prêmios Nobel. Disponível em:
<<https://www.nobelprize.org/prizes/themes/the-very-first-nobel-prizes>>

¹¹ Estes valores são referentes ao relatório anual da fundação Nobel de 2019, disponível em:
<https://www.nobelprize.org/uploads/2019/04/annual-report-2019.pdf>

deslocar neste ano por conta do mal tempo. Somente na conferência de 1905 Pierre realizou sua comunicação pelas pesquisas realizadas ao lado de Marie.

A seguir apresentamos uma discussão acerca das *lectures* realizadas em 1903 por Becquerel e a *lecture* de 1905 referente ao prêmio Nobel supracitado. Posteriormente, damos ênfase à *Nobel lecture* de 1911, em decorrência do prêmio atribuído a Marie Curie por suas investigações acerca do rádio realizado nos anos anteriores, que também foram desenvolvidas em parceria com seu marido Pierre Curie, mas que não pôde ter seu nome associado ao prêmio devido ao seu falecimento em 1906, pois não existia homenagem póstuma.

Nosso objetivo com esta análise parte do pressuposto de considerar as *lectures* como uma forma de textualização do conhecimento científico, que por meio de suas características, se trata de um tipo de texto que abasteca além do círculo esotérico o círculo exotérico. Diante desta afirmação, quais características desta forma de textualização nos fazem supor que as *lectures* são um tipo de textualização do círculo exotérico?

Prêmio Nobel de 1903 na Física- “Por descobrir a Radioatividade Espontânea”

Logo no início da *Lecture* de Becquerel há uma preocupação em justificar a seleção dos principais fatos para sua conferência. Percebemos também desde o início das pesquisas como o tráfego intra e intercoletivo foi fundamental na produção do conhecimento e, muitas vezes, possuindo um papel decisivo nas investigações pela busca de novos resultados. O trecho que segue nos ajuda a exemplificar esta ideia,

No início de 1896, no mesmo dia em que as notícias chegaram a Paris das experiências de Roentgen e das extraordinárias propriedades dos raios emitidos pelas paredes fosforescentes dos tubos de Crookes, pensei em fazer uma pesquisa para ver se todo o material fosforescente emitia raios semelhantes (BECQUEREL, 1903, p.52).

A partir disto, sinteticamente, Becquerel menciona quais foram os métodos utilizados por ele inicialmente, os quais consistiram basicamente no método fotográfico a partir de uma abordagem qualitativa e o método elétrico que forneceram os dados numéricos por meio das medições iniciais.

Além disso, observamos no decorrer da *lecture* uma sobreposição de discursos, ou seja, à medida que Becquerel descreve os fatos ele menciona o desenvolvimento da pesquisa de outros cientistas sobre a construção deste conhecimento. Algumas vezes, apresenta a

limitação de algumas de suas interpretações realizadas no início de suas pesquisas, trazendo desta forma outros estudos importantes na compreensão deste fenômeno. Como exemplo podemos mencionar Marie e Pierre citados várias vezes no decorrer da *lecture*, Rutherford, Schmidt, Giesel, Debiere, Ramsay e Soddy.

Durante o curso desses primeiros experimentos, a observação de vários fenômenos até então inexplicáveis me afastou do caminho para o qual meus experimentos posteriores deviam me trazer de volta. [...] Fui levado a atribuir as propriedades da luz à radiação do urânio, enquanto todos os experimentos posteriores mostraram que essa radiação não pode ser refletida ou refratada como raios de luz (BECQUEREL, 1903, p.66).

Na emissão de corpos radioativos, há outro fenômeno de natureza diferente que parece estar intimamente conectado à *radioatividade*, se não for o fenômeno primordial. Tório e Rádio emitem energia de uma forma específica; a atividade resultante é propagada na forma de um *vapor ativo* que foi chamado de *emanação* e que é retido por qualquer cobertura, por mais fina que seja, impermeável aos gases. Essa emanação parece se estabelecer em todos os corpos para torná-los radioativos, mas a atividade desaparece quando os últimos não estão mais sob a influência da fonte ativa, mesmo quando estão em uma câmara fechada. Esses fatos foram descobertos simultaneamente no final de 1899 por Rutherford para o tório e por M. e Mme. Curie para rádio (BECQUEREL, 1903, p.66, grifo nosso).

Em sua comunicação Becquerel utiliza o termo radioatividade com certa frequência, como já explicitado anteriormente, em nenhuma nota e comunicação realizada por ele em seus estudos principalmente no ano de 1896 este termo fora utilizado. Somente após as investigações do casal Curie é que este termo circulou e ganhou sentido entre a comunidade científica e, por conseguinte, na ciência popular.

O sentido de radioatividade atribuído por Becquerel em sua comunicação, já não é mais fruto apenas das interpretações dos resultados de suas pesquisas, mas de todo círculo esotérico que trabalhava para a construção deste fato científico.

[...] as substâncias radioativas cuja natureza agora está bem estabelecida são: urânio, tório, rádio e polônio; pode ser adicionado Actinium, embora pouca informação tenha sido publicada sobre esse último produto /.../ O urânio emite raios β e γ ; não emite uma emanação no ar, mas a ativação que produz em solução pode ser explicada como o efeito de uma emanação. Tório e rádio liberam raios α - β - e γ , e uma emanação ativadora em gases. O polônio não emite raios β . Emite raios α e γ , mas perde sua atividade com o tempo. Diz-se que o Actinium possui um notável poder de ativação (BECQUEREL, 1903, p. 68).

Substâncias radioativas, especialmente o rádio, emitem energia em todas as formas conhecidas: calor, luz, reações químicas, cargas elétricas, radiação γ . Eles parecem manter o mesmo estado indefinidamente, e a fonte da qual eles derivam a energia que emitem nos escapa (BECQUEREL, 1903, p.69).

Agora os termos radiações invisíveis, radiações ativas e radiações luminosas, amplamente utilizadas por Becquerel em suas comunicações anteriores, não foram utilizadas. Novos termos surgiram em decorrência de novas pesquisas e descobertas, como é o caso do termo Radioatividade cunhado a partir dos trabalhos dos Curies. Outro importante termo bastante citado por Becquerel é emanação, proveniente dos estudos de Rutherford.

O processo de conhecimento é resultado de uma atividade social e está longe de ser um processo individual. As relações históricas e estilísticas no interior dos saberes apontam como ocorre a influencia daquilo que já é conhecido na formação de um conhecimento novo e como “[...] o processo do conhecimento amplia, renova e refresca o sentido do conhecido” (FLECK, 2010, p. 81).

O coletivo pra Fleck não seria um conjunto de pessoas, mas sim a existência de um estilo de pensamento comum. Como vimos, Becquerel continua usando os termos ativação, ativadora, mas em outro sentido, ou seja, no sentido marcado por este estilo de pensamento. Neste caso, ele precisa “preencher” o espaço vazio deixado pela exclusão da explicação da fosforescência, como manifestação do princípio fundamental da física, isto é, o da conservação da energia, aplicado às radiações. De fato, só será possível uma mudança, quando se compreender posteriormente a natureza do núcleo atômico, entidade que estava apenas iniciando sua entrada no cenário científico e que representará, na verdade, um novo campo de pesquisas, o da Física/Química nuclear.

Pierre e Marie Curie prêmio Nobel de 1903 na Física

Logo no início da comunicação Pierre menciona que no ano de 1898 além de seu estudo com Marie haviam apenas as pesquisas de Becquerel iniciada um pouco antes, sobre esta questão; mas que desde então muito outros estudos foram realizados e “[...] hoje não é mais possível falar de radioatividade sem citar os resultados de vestígios de um grande número de físicos como Rutherford, Debierne, Elster e Geitel, Giesel, Kauffmann, Crookes, Ramsay e Soddy, para mencionar apenas alguns dos que fizeram progressos importantes em nosso conhecimento sobre propriedades radioativas” (CURIE, 1905, p. 73).

De forma bastante sucinta Pierre realiza uma descrição de alguns dos experimentos realizados por ele e Marie, enfatizando que a radioatividade se apresentou como uma propriedade atômica inicialmente encontrada no urânio e tório e, posteriormente, ao realizarem uma análise química da pechblenda isolando dois novos elementos químicos, nomeados por eles de polônio e rádio. Acrescenta ainda que logo depois, Debiérne isolou uma terceira substância radioativa, denominada de actínio.

Outro ponto interessante na *lecture* foi que ao final da mesma, Pierre expõe a contribuição nas diferentes áreas do conhecimento que estes estudos fornecem. A seguir apresentamos alguns trechos para exemplificar esta questão.

Contribuições para Física:

O rádio constitui nos laboratórios uma nova ferramenta de pesquisa, uma fonte de novas radiações. O estudo dos raios β já foi muito frutífero. Verificou-se que este estudo confirma a teoria de J. J. Thomson e Heaviside sobre a massa de partículas em movimento, carregadas com eletricidade; de acordo com esta teoria, parte da massa resulta das reações eletromagnéticas do éter do vácuo. Os experimentos de Kauffmann nos raios β de rádio levam à suposição de que certas partículas têm uma velocidade muito ligeiramente inferior à da luz, que de acordo com a teoria a massa da partícula aumenta com a velocidade para velocidades próximas à da luz, e que toda a massa da partícula é de natureza eletromagnética (CURIE, 1905, p. 76).

Contribuição para Química:

As conseqüências para a química do nosso conhecimento das propriedades das substâncias radioativas são talvez ainda mais importantes. E isso nos leva a falar da fonte de energia que mantém os fenômenos radioativos. [...] pode-se supor que as substâncias radioativas extraem de si mesmas a energia que elas liberam. As substâncias radioativas estariam então em curso de evolução, e se transformariam progressivamente e lentamente, apesar da aparente variabilidade do estado de algumas delas. A quantidade de calor liberada pelo rádio em vários anos é enorme se for comparada com o calor liberado em qualquer reação química com o mesmo peso da matéria. Este calor liberado só representaria, no entanto, a energia envolvida na transformação de uma quantidade de rádio tão pequena que não pode ser apreciado, mesmo depois de anos. Isso leva à suposição de que a transformação é mais abrangente do que as transformações químicas comuns, que a existência do átomo está mesmo em jogo, e que se está na presença de uma transformação dos elementos (CURIE, 1905, p. 77).

Contribuição para Geologia:

Por uma consequência inesperada, os fenômenos radioativos podem ser importantes em geologia. Verificou-se, por exemplo, que o rádio sempre acompanha urânio em minerais. E até se descobriu que a proporção de rádio em urânio é constante em todos os minerais (Boltwood). Isso confirma a ideia da criação de rádio a partir de urânio. Essa teoria pode ser explicada tendia a tentar explicar também outras associações de elementos que ocorrem tão freqüentemente em minerais. Pode-se imaginar que certos elementos foram formados no local da superfície da Terra ou que se originam de outros elementos em um tempo que pode ser da ordem de grandeza da geologia períodos. Este é um novo ponto de vista que os geólogos terão que considerar em conta. (CURIE, 1905, p. 78).

Contribuição para Biologia:

Finalmente, nas ciências biológicas os raios do rádio e sua emanção podem produzir efeitos interessantes que estão sendo estudados atualmente. Os raios de rádio têm sido usados no tratamento de certas doenças (lúpus, câncer, doenças nervosas). Em certos casos, sua ação pode se tornar perigosa. Se alguém deixar um caixa de madeira ou papelão contendo uma pequena ampola de vidro com vários centigramas de sal de rádio no bolso por algumas horas, sentiremos absolutamente nada. Mas 15 dias depois uma vermelhidão aparecerá na pele e, em seguida, uma ferida que será muito difícil de curar. Um programa de ação mais prolongado pode levar a paralisia e morte (CURIE, 1905, p. 78).

O carácter prático desse conhecimento na sociedade tem grande destaque na *lecture* de Pierre, principalmente associados às áreas de Química, Física, Geologia e Biologia.

Um novo estilo está surgindo e ganha legitimidade na voz poderosa de um Nobel, Pierre fala em fonte de energia, fator impensável no estilo de pensamento que subjaz ao conceito de fosforescência. E ele ainda enfatiza isso na seguinte frase: “extraem de si mesmas”. A radioatividade aqui está já ancorada num conjunto muito amplo de novidades: os estudos de Rutherford e Soddy, que mostraram que elementos químicos se transformam uns nos outros, algo impensável até então. Aparece também a questão da grande energia liberada, ou seja, surge aqui o sentido da ligação entre radioatividade e fonte de energia, o que algumas décadas depois culminará na construção dos primeiros reatores nucleares, com Enrico Fermi, na década de 1940 nos Estados Unidos e Werner Heisenberg na década de 1950 na Alemanha, bem como, os estudos da fissão nuclear, no final da década de 1930 pelos alemães Otto Hahn, Fritz Strassmann e Lise Meitner e, ainda, as primeiras bombas atômicas no contexto da Segunda Guerra Mundial.

Portanto, temos aqui duas *lectures*, de um mesmo Nobel, extremamente diferentes. A aplicabilidade de um conhecimento é um aspecto importante da circulação popular da ciência no círculo exotérico. Neste sentido, a *lecture* se aproxima, neste aspecto, da mídia jornalística.

Após seis anos do recebimento do Nobel de Física, Marie ganhou o Nobel em Química e, como já mencionado anteriormente, muitas novidades surgiram e a compreensão sobre os fenômenos que envolviam a radioatividade já estavam mais claros. Neste intervalo de tempo, Rutherford recebeu o prêmio do Nobel em Química, no ano de 1908, por suas “*investigações sobre a desintegração dos elementos e a química das substâncias radioativas*”. Mais tarde, em 1921, Frederick Soddy é condecorado, recebendo o prêmio Nobel em Química, “*por suas contribuições ao nosso conhecimento da química das substâncias radioativas e suas investigações sobre a origem e a natureza dos isótopos*” (CORDEIRO; PEDUZZI, 2010).

Marie Curie, prêmio Nobel de 1911 na Química: “Em reconhecimento de seus serviços ao avanço da Química pela descoberta dos elementos rádio e polônio, pelo isolamento do rádio e pelo estudo da natureza e dos compostos desse elemento notável”¹².

Anos após o desenvolvimento de suas pesquisas com o rádio, no ano de 1911 Marie Curie recebe o prêmio Nobel de Química. Assim como nas outras *lectures* mencionadas, Marie seleciona os pontos mais relevantes em sua visão para comunicar como seus estudos forneceram a descoberta e compreensão de novos elementos químicos radioativos, denominados de Polônio e Rádio. Ao pontuar a relevância deste estudo, afirma:

Chamei todos os elementos que emitiam tal radiação de radioativos e a nova propriedade da matéria revelada nessa emissão recebeu então o nome *radioatividade*. Graças à descoberta das novas e muito poderosas substâncias radioativas, particularmente o rádio, o estudo da radioatividade progrediu com maravilhosa rapidez: às descobertas seguiram-se outras descobertas numa rápida sucessão e ficou óbvio que uma *nova ciência* estava em desenvolvimento (CURIE, 1911, p. 01, grifo nosso).

Nesta *lecture*, foi possível perceber também a sobreposição de discursos de outros cientistas para explicação do fenômeno observado. Marie em nenhum momento afirma ser Becquerel o descobridor da Radioatividade, mas que a partir de suas descobertas acerca dos

¹² Mais informações em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1911/summary/>

raios de urânio uma gama enorme de novos fenômenos se desenvolveram e ainda estavam se desenvolvendo naquele período. “Os resultados não podem ser articulados na linguagem das primeiras observações e vice-versa: as primeiras observações na linguagem dos resultados também não podem ser articuladas” (FLECK, 2010, p. 139). Como exemplo, podemos citar os trechos a seguir:

E agora, apenas 15 anos após a descoberta de Becquerel, estamos frente a frente com um mundo inteiro de novos fenômenos pertencentes a um campo que, apesar de sua próxima ligação com os campos da Física e da Química, é particularmente bem definido. Nesse campo, a importância do rádio do ponto de vista das teorias gerais foi decisivo. A história da descoberta e do isolamento dessa substância forneceu provas de minha hipótese de que a radioatividade é uma propriedade atômica da matéria e pode prover meios de busca por novos elementos (CURIE, 1911, p. 01).

A teoria que acabei de resumir é o trabalho de Rutherford e Soddy, que eles chamaram de teoria da desintegração atômica. Aplicando essa teoria, pode-se concluir que uma substância radioativa primária como o rádio passa por uma série de transmutações atômicas pelas quais o átomo de rádio dão origem a uma série de átomos de massas cada vez menores, já que um estado estável não pode ser atingido enquanto o átomo formado for radioativo. A estabilidade só pode ser alcançada por matéria inativa (CURIE, 1911, p. 06).

Novamente a partir destes trechos, podemos destacar que o sentido do termo “inativo” (e conseqüentemente, o sentido de ativo e de atividade, pois estão relacionados) utilizados aqui, são diferentes, se comparado com os sentidos dos mesmos termos utilizados por Becquerel em sua *lecture*. Agora, já aparece uma característica da matéria, que depois será atribuída ao núcleo (até então desconhecido) e não mais ao átomo, como Marie coloca em seu texto.

Podemos observar também a forte relação entre o fato e o experimento realizado, ou seja, em como o rádio e polônio puderam ser isolados, especialmente o rádio. Isto porque, segundo Marie, a proporção do elemento até então hipotético era muito pequena e demorou vários anos para mostrar sem erros “[...] *que a pechblenda contém ao menos um material altamente radioativo, que é um novo elemento no sentido que a Química define*” (CURIE, 1911, p. 06).

Para separar o rádio do bário, utilizei o método de cristalização fracionada do cloreto (o brometo também pode ser usado). O sal de rádio, menos solúvel que o sal de bário, concentra-se em cristais. A fracionamento é uma operação longa e metódica, que elimina gradualmente o bário. Para obter um sal muito puro, tive de repetir a cristalização milhares de vezes. O progresso da fracionamento é monitorado pelas medidas de atividade (CURIE, 1911, p. 04).

O rádio é o mais alto homólogo do bário na família dos metais alcalinos terrosos; entrou na tabela de Mendeleev na coluna correspondente, na linha que contém o urânio e o tório. O espectro do rádio é conhecido precisamente. Esses resultados tão exatos para o rádio convenceram os químicos e justificaram o estabelecimento da nova ciência dos elementos radioativos (CURIE, 1911, p. 04).

Vemos aqui outro exemplo que reforça nossa discussão de como o fenômeno da radioatividade foi construído no entremeio entre a Química e Física, ou seja, em um tráfego intercoletivo de ideias, no qual as mudanças provocadas nessas migrações podem gerar mudanças nos valores destes pensamentos.

Diante dos aspectos discutidos, as *lectures* se constituem uma forma de textualização que abastece também o círculo exotérico. Sintetizando algumas regularidades encontradas nas mesmas podemos citar: uma seleção das informações nas descrições dos fatos observados; ênfase na contribuição de vários outros cientistas¹³, que apareciam ora explicitamente, ora implicitamente nos discursos dos laureados; síntese do método experimental utilizado e a contribuição utilitária daquele conhecimento para a sociedade.

Tais características nos fazem considerar, as *lectures* como um tipo de texto que está em uma zona mais periférica do círculo esotérico, pois não se configuram como a materialização daquele conhecimento na ciência dos periódicos, por exemplo, mas que ocupa também uma posição mais próxima ao círculo exotérico. Isto porque as *Nobel lectures* possuem uma nova linguagem e o foco não está mais voltado às descrições e discussões aprofundadas dos experimentos desenvolvidos para explicar as descobertas, que levaram ao reconhecimento de tal prêmio. Outra diferença fundamental está no público interlocutor do texto. Na ciência dos periódicos, o público são especialistas mais próximos ao centro esotérico. Nas *lectures*, há um público mais amplo de outras áreas, chamados por Fleck de “leigos mais ou menos instruídos” e, portanto, situados no círculo exotérico.

Qualquer forma de descrever determinado assunto acaba tornando o saber mais exotérico e popular, isto porque por meio de cada comunicação há sempre uma simplificação, com vários elementos apodíticos e ilustrativos. “Uma das características da apresentação

¹³ Ao mesmo tempo em que havia menções de outros cientistas nas *lectures*, havia também um silenciamento e apagamento das divergências e controvérsias existentes. Todavia, este aspecto não foi objeto de nossa análise neste trabalho.

popular é a ausência de detalhes e principalmente de polêmicas, de modo que se consegue uma simplificação artificial” (FLECK, 2010, p. 166).

O público imediato presente nos discursos de apresentação também influencia os palestrantes. Os vencedores em suas palestras dentro de uma cerimônia/comemoração em recebimento do prêmio, precisam usar uma forma diferente daquela utilizada para falar com seus pares. Isto porque não estão explicando sua pesquisa em uma conferência da área, por exemplo, onde subentende-se que é composto por um público bastante interessado sobre aquele determinado assunto. “O Prêmio Nobel tornou-se um símbolo onipresente para a excelência científica na cultura popular. Isso é relevante para a imagem pública da ciência em um sentido mais amplo, uma vez que a mediação pode ter um efeito legitimador na ciência” (CONDIT, 2018, p. 405).

Condit (2018) ressalta ainda, que a partir de sua análise prévia de algumas palestras do Nobel, houve mudanças substanciais ao longo do tempo. Este fato, fez com que o autor delimitasse sua pesquisa para o conjunto de textos (orais e escritos) mais recentes, entre 2011 e 2015, especificamente. Um dos aspectos de sua análise mostraram que grande parte dos laureados enfatizaram, em seus discursos, os benefícios de suas pesquisas para a humanidade, optando por abordar o “público interessado” em vez dos especialistas. Tal foco colocou a palestra em um terreno de interesse compartilhado com a maioria dos *fãs de ciências*¹⁴, a exemplo disso, como, o tratamento de doenças ou aumento da eficiência energética. Em contrapartida, outro caminho que alguns laureados percorreram foi de mostrar uma visão dos bastidores, em vez de uma palestra técnica oferecendo ainda uma história mais pessoal e particular de sua vida enquanto pesquisador. O autor revela ainda que a abordagem central das palestras com um discurso mais voltado para outros especialistas e que também apareceu em algum grau em todos os discursos consistiu em detalhar minuciosamente a forma como as teorias, os dados e/ou métodos existentes em suas abordagens (CONDIT, 2018).

2.5 A TEXTUALIZAÇÃO DO FENÔMENO NA CIÊNCIA POPULAR

Partindo do pressuposto adotado nesta tese que considera a ciência popular como constitutiva do processo de produção e circulação do conhecimento científico, podemos exemplificar neste tópico alguns casos de como ocorria a circulação de conhecimentos sobre a

¹⁴ Termo utilizado pelo autor para se referir as pessoas interessadas pela ciência.

radioatividade em um contexto mais amplo do que o dos especialistas, teóricos e experimentalistas físicos e químicos. Mesmo que tal fenômeno fosse inicialmente pouco compreendido, nos propomos a observar como as sucessões das pesquisas sobre este fato científico, ocuparam também um lugar na ciência popular.

Segundo Jauncey (1946), entre os anos de 1895 e 1902 cerca de 60 itens sobre os raios de urânio (como eram inicialmente conhecidos) apareceram em vários índices da *Nature*. Uma contagem semelhante para o próximo período de dois anos forneceu um total de aproximadamente 260 itens. O grande aumento na circulação deste fato científico pode ser decorrente dos resultados das pesquisas de Rutherford e Soddy sobre a teoria da desintegração atômica e pela descoberta do rádio por Pierre e Marie Curie. Jauncey (1946) apresenta ainda os seguintes itens que apareceram nos jornais de St. Louis:

a.

St. Louis Republic 23 de agosto de 1903

SUBSTÂNCIA MAIS MISTERIOSA DA NATUREZA - RÁDIO

Experimentos realizados em Paris por descobridores, Monsieur e Madame Curie

b.

Louis Republic 24 de agosto de 1903

CRIANÇA CEGA FOI HABILITADA A VER

Experimentos notáveis com rádio e raio-x dão aos cientistas grandes esperanças para o futuro

c.

Louis Post-Dispatch 20 de setembro de 1903

O RÁDIO, UM LADRÃO DE FORÇA, DIZ KELVIN

Cientista britânico combate teoria da geração de energia milagrosa

Kelvin achou impossível que um estoque de calor, como P. Curie calculou, estivesse presente em um grão de rádio, pudesse ser perdido por essa quantidade de rádio no tempo especificado. Portanto, a única outra teoria possível era que a energia "fosse de algum modo fornecida de fora".

d.

Louis Post- Dispatch 4 de outubro de 1903

O RÁDIO MISTERIOSO SERÁ EXIBIDO EM ST. LOUIS

Um grão do metal mais maravilhoso e misterioso do mundo será mostrado em St. Louis em 1904

Seu poder será inconcebível. Por meio do metal, todos os arsenais do mundo podem ser destruídos. Poderia tornar impossível a guerra esgotando todos os explosivos acumulados no mundo ... É até possível que um instrumento possa ser inventado que, com o toque de uma tecla, explodiria a terra inteira e provocaria o fim do mundo.

Foi declarado no St. Louis Post-DisPatch de 24 de setembro de 1903, que todo o suprimento mundial de rádio puro era de quatro grãos (cerca de 260 mg).

Jauncey (1946) não chegou a realizar uma análise destes trechos retirados do jornal, seu objetivo foi apenas o de mostrar que já havia uma circulação mais ampla sobre este assunto e que não ocorria somente no meio dos especialistas. Deste modo, podemos enfatizar que essa circulação no círculo exotérico também fez parte da produção deste conhecimento e a partir dos conceitos de Fleck, podemos observar algumas características muito próximas do que vemos hoje nos tipos de textos que constituem a ciência popular.

As principais características da apresentação popular dos saberes, segundo Fleck (2010), seriam seu carácter simplificado, ilustrativo e apodítico.

No lugar da coerção específica de pensamento própria das comprovações, que tem que ser detectada por meio de um trabalho esforçado, surge uma imagem ilustrativa por meio da simplificação e da avaliação. O auge, o objetivo do saber popular, é a visão de mundo (*Weltanschauung*), uma formação peculiar que tem suas origens numa seleção emotiva de um saber popular de diversas áreas (FLECK, 2010, p.166).

No trecho da segunda notícia apresentada, podemos identificar esse caráter emotivo e um tanto apelativo, que busca sensibilizar e impressionar o leitor como: *“criança cega foi habilitada a ver”* ou, ainda, *“esperanças para o futuro”*.

Outras características como: *“substância mais misteriosa”*; *“energia milagrosa”* e *“rádio misterioso”*, são exemplos de adjetivações que marcam o caráter emotivo. A forte relação com a confiança nos iniciados ainda bastante presente nos textos atuais que divulgam a ciência, como, por exemplo: *“cientista britânico combate teoria da geração de energia milagrosa”*; *“experimentos notáveis com o rádio” Experimentos realizados em Paris por descobridores, Monsieur e Madame Curie*. Essa confiança é importante, porque de acordo

com Fleck o círculo exotérico não possui um envolvimento direto com a formação de um determinado pensamento, mas participam dele na medida em que a opinião pública é fundamental para sustentar o empreendimento científico.

Além disso, o item “c” trata de uma textualização popular de uma controvérsia científica. Se por um lado, essa popularização distorce o discurso científico especializado (força, não é o mesmo que energia) e metaforiza antropomorficamente fenômenos naturais como (ladrão, roubo), por outro lado, faz circular que há controvérsias, embora sejam representadas como controvérsias entre sujeitos e não entre estilos de pensamento que subjazem as posições desses sujeitos.

2.5.1 A repercussão do rádio

O rádio ganhou grande destaque entre a sociedade em vários lugares do mundo. Sua compreensão inicialmente pouco desenvolvida e a novidade da sua descoberta gerou a busca por aplicações das mais diversas formas na vida cotidiana. Além disso, a influência da circulação de notícias e propagandas na época sobre os benefícios do rádio aguçavam ainda mais a busca por produtos que tivessem este elemento em sua composição.

Dentre as várias especulações levantadas, era comum atribuir ao rádio poderes como a capacidade de ser o responsável pela geração da vida, de curar doenças até então tidas como irreversíveis e ainda embelezar a pele e rejuvenescer. As notícias sobre os benefícios do rádio iam desde os de circulação local até os de expressão nacional de forma mais ampla (LIMA; PIMENTEL; AFONSO, 2011).

Nessas publicações, os grandes feitos com base no progresso científico eram explicados em detalhe e em linguagem acessível a esse público-alvo. A radioatividade ocupava espaço privilegiado em muitas de suas edições, tendo como foco o rádio e suas aplicações comerciais da época (medicina e manufatura de tintas luminosas) e possíveis novos usos (por exemplo, fonte de energia e combustível). A linguagem sempre buscava envolver o leitor, entusiasmando-o com o bem estar promovido pelas descobertas da ciência (LIMA; PIMENTEL; AFONSO, 2011, p. 94).

Nas primeiras décadas do século XX, começaram a circular em revistas e informativos científicos na Europa e nos Estados Unidos. Se tratando de Europa, essa circulação não ocorria somente em países considerados “centrais” no desenvolvimento

científico como França e Inglaterra, mas também houve uma forte circulação na Espanha, como exemplo podemos citar o estudo de Herran (2012).

Ao analisar o conteúdo da revista Ibérica de grande circulação na Espanha, Herran (2012) observou que entre 1914 e 1936 haviam 72 artigos e 13 resenhas de livros diretamente relacionadas à radioatividade ou ao rádio. Sendo que, outros 124 artigos foram publicados sobre física nuclear e isótopos.

A indústria de elementos radioativos em 1910, com atenção especial voltada ao rádio, tornou este elemento o mais cobiçado e raro da época. Atrelado a isso se tem o aumento do interesse do público sobre a radioatividade em consonância ao crescimento do jornalismo científico. O assunto cada vez mais popular a partir de 1900 teve uma interrupção por conta da Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918), que depois voltou com grande intensidade atingindo até níveis superiores à circulação anterior (HERRAN, 2012).

Por outro lado, questões de segurança começaram a ser reconhecido após o caso de mulheres que trabalham em fábricas de pintura por rádio que foram afetados por câncer (no final da década de 1920), a morte de trabalhadores treinados no Marie Curie laboratório e ativo na indústria francesa do rádio devido à exposição à radiação (década de 1920 – 1930), ou o caso Byers (início da década de 1930), um escândalo decorrente da morte do milionário Eben M. Byers em 1932, depois de beber regularmente a poção radioativa Radithor (LIMA; PIMENTEL; AFONSO, 2011, p. 94).

Uma síntese dos produtos que movimentaram a indústria do rádio pode ser observada a seguir:

Figura 5 – Relação entre produtos contendo rádio e suas utilizações

Produto	Emprego
Coquetel fluorescente para bailes e festas	Impressionar os convidados com os efeitos luminosos
Pasta de dentes	Combater queda prematura de dentes, cáries, ativar a digestão bucal e tornar o esmalte brilhante e luminoso
Roleta de cassino fluorescente	Dificultar fraudes
Cigarros	Prevenir enfermidades pulmonares
Protetor auricular	Manter a higiene e esterilizar o canal auditivo
Sabões	Aumentar a eficiência da lavagem dos tecidos
Lâminas de barbear	Remoção mais confortável dos pelos, amaciando e reduzindo a irritação da pele
Alimentos como cerveja, manteiga, chocolate etc.	Abrir o apetite, aumentando a ação digestiva do estômago
Contraceptivos	Matar espermatozoides e esterilizar a vagina, evitando doenças sexualmente transmissíveis
Goma de amido	Aditivo ao sabão, deixar roupas brancas mais brilhantes
Baralho	Tornar o jogo mais emocionante e divertido
Pomada para calçados	Maior durabilidade do brilho

Fonte: Lima; Pimentel; Afonso, (2011, p. 96)

Algumas imagens foram amplamente divulgadas, auxiliando nas propagandas de tais produtos e movimentando a indústria do rádio.

Figura 6 - Produtos de beleza contendo rádio



Fonte: Frame (1998)

Fonte: Lima; Pimentel; Afonso (2011)

Figura 7 - Produtos para saúde contendo rádio



Fonte: Frame (1998)

O emprego da radioatividade em seus primeiros tempos é um exemplo no qual a aplicação e a receptividade iniciais de uma descoberta científica precederam o reconhecimento dos perigos a ela associados. Decorridos cerca de 30 anos após os primeiros relatos sobre a radioatividade, os primeiros congressos de radiologia, os primeiros estudos científicos e as primeiras legislações trabalhistas mostravam uma nova forma de trabalhar com a radiação, traduzindo-se também no abandono paulatino das aplicações e práticas propostas no início do século XX (LIMA; PIMENTEL; AFONSO, 2011, p. 97).

A circulação de propagandas e notícias a respeito do elemento químico do rádio acompanhou o desenvolvimento das pesquisas sobre o fenômeno da radioatividade, que ainda estavam em desenvolvimento e não se configuravam como um fato bem estabelecido.

2.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A partir das discussões apresentadas neste capítulo buscamos conduzir um olhar para o entendimento do surgimento do termo “radioatividade”, como ele surge no contexto social e como ele foi se modificando ao longo dos anos finais do século XIX e anos iniciais do século XX. Pudemos observar que as palavras e termos utilizados pelos cientistas estavam sempre associados aos experimentos realizados por eles. De fato, não há experimentos sem palavras, posto que estes precisam ser compartilhados e interpretados. Por se tratar dos primeiros estágios da gênese de um novo fato científico as interpretações dos experimentos realizados por Becquerel eram de difícil compreensão, até mesmo percebemos que não só para ele, mas como nos trabalhos dos Curies não havia uma preocupação voltada para quais termos estavam sendo utilizados, por isso haviam diversos termos para designar o mesmo fenômeno observado. Todavia, observar como a relação entre os termos e palavras utilizadas por eles foram se construindo e se modificando historicamente nos dá subsídios para compreender melhor as diferentes formas textuais que este fenômeno ocupou e ainda ocupa.

Percebemos que o fato da radioatividade estava ligado a outros fatos científicos, como, por exemplo, o de diferentes tipos de raio, ao sentido de fosforescência, fluorescência, as práticas experimentais (inicialmente a fotografia) e depois os estudos de condutividade elétrica associados aos contextos teóricos e práticos da época.

As regularidades e diferenças encontradas nos discursos das *Nobel lectures*, nos possibilita entender que este tipo de textualização abastece além do círculo esotérico também o círculo exotérico que contempla um conjunto mais amplo de pessoas para além dos

especialistas. Características como sobreposição de discursos, apagamento das divergências e controvérsias, mostrar o caráter prático daquele determinado conhecimento, fazer uma síntese e seleção dos dados de pesquisa foram algumas das características que nos fizeram entender as *Nobel lectures* desta maneira.

A ampla circulação deste fato científico nos jornais e revistas populares da época permitiram compreender que naquele contexto que essa forma de circulação já se aproximava das características da ciência popular. Essa circulação, como apresentamos, ocorreu de forma conjunta com a produção do conhecimento sobre radioatividade, um novo fato científico, um novo estilo de pensamento: certas substâncias podem emitir energia própria.

2.7 REFERÊNCIAS

- BADASH, L. Radioactivity before the Curies. **American Journal of Physics**, v. 33, n. 2, p. 128 - 135, 1965.
- BECQUEREL, H. Sur les radiations émises par phosphorescence. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris**, Paris, v. 122, t. 1, p. 420 - 421. 1896a.
- BECQUEREL, H. Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris**, Paris, v. 122, t. 1, p. 501 - 503, 1896b.
- BECQUEREL, H. Sur quelques propriétés nouvelles des radiations invisibles émises par divers corps phosphorescents. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris**, Paris, v. 122, t. 1, p. 559 - 564, 1896c.
- BECQUEREL, H. Émission de radiations nouvelles par l'uranium métallique. **Comptes Rendus Hebdomadaires de l'Académie des Sciences de Paris**, Paris, v. 122, t. 1, p. 1086 - 1088, 1896d.
- CONDIT, C. M. The character of scientists in the Nobel Prize speeches. **Public Understanding of Science**, v. 27, n. 4, p. 417 - 432, 2018.
- CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. As Conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 473 - 514, 2010.
- CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1 - 11, 2011.
- CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Valores, métodos e evidências: objetividade e racionalidade na descoberta da fissão nuclear. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 235 - 262, 2016.
- CURIE, P.; CURRIE, M. S. Sur une substance nouvelle radio-active, contenue dans la pechblende. **Comptes Rendus Hebdomadaires de l'Académie des Sciences de Paris**, v. 127, p. 175 - 178, 1898.
- CURIE, M. S. Les rayons de Becquerel et le polonium. **Révue Générale des Sciences**, v. 10, p. 41 - 50, 1899.
- HERRAN, N. 'Science to the Glory of God'. The Popular Science Magazine Ibérica and its Coverage of Radioactivity, 1914–1936. **Science & Education**, v. 21, n. 3, p. 335 - 353, 2012.
- JAUNCEY, G. E. M. The birth and early infancy of X-rays. **American Journal of Physics**, v. 13, n. 6, p. 362 - 379, 1945.

JAUNCEY, G. EM. The early years of radioactivity. **American Journal of Physics**, v. 14, n. 4, p. 226 - 241, 1946.

LIMA, R. S., PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX. **Química Nova na Escola**, v. 33 n. 2, p. 93 - 99, 2011.

KRAGH, H. The origin of radioactivity: from solvable problem to unsolved non-problem. **Archive for history of exact sciences**, v. 50, n. 3-4, p. 331 - 358, 1997.

MARTINS, R. A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7, p. 27 - 45, 1990.

MARTINS, R. A. As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 1, n. 1, p. 29 - 41, 2003.

MARTINS, R. A. Hipóteses e interpretação experimental: a conjectura de Poincaré e a descoberta da hiperfosforescência por Becquerel e Thompson. **Ciência e educação (Bauru)**, p. 501 - 516, 2004.

MOULD, R. F. The discovery of radium in 1898 by Maria Sklodowska-Curie (1867-1934) and Pierre Curie (1859-1906) with commentary on their life and times. **The British Journal of Radiology**, v. 71, n. 852, p. 1229 - 1254, 1998.

THOMPSON, S. P. V. On hyperphosphorescence. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 42, n. 254, p. 103 - 107, 1896.

3 O CARÁTER HÍBRIDO DE LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: DIFERENTES TRÁFEGOS TEXTUAIS NA CIRCULAÇÃO DA RADIOATIVIDADE

3.1 INTRODUÇÃO

Reconhecendo a importância do livro didático como um componente essencial para o ensino de química na educação básica, neste capítulo buscamos analisar o tema da radioatividade em livros didáticos de química aprovados no Plano do Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018.

Nas últimas décadas, as pesquisas sobre livros didáticos ganharam espaço na produção acadêmica e este vem sendo estudado por vários pesquisadores, que apontam para sua importância no espaço escolar (ECHEVERRÍA; MELLO; GAUCHE, 2010). Tais estudos direcionam suas discussões para diversos temas, como a investigação de conceitos específicos de cada disciplina, questões envolvendo o currículo, problemas de pesquisa que investigam concepções de ciência, erros conceituais e historiográficos, entre outros.

Embora vários trabalhos na Educação em Ciências tenham analisado Livros Didáticos (LDs), em diversas perspectivas buscando entender este objeto a partir de diferentes perspectivas, como: Martins (2006); Romero (2017), Amaral, Xavier, Maciel (2009); Vidal e Porto (2012), Cordeiro e Peduzzi (2013); Mota e Cleophas (2015); Monteiro e Justi (2016); Lima, Ostermann, Cavalcanti (2017); Souza e Rocha (2018), Leite (2018); Lima et. al (2018); Nunes, et al. (2020); Model, Mota et al. (2020), nenhum deles analisa os aspectos das diferentes textualizações que o compõem, envolvendo suas características textuais e papel epistemológico associado a um determinado conhecimento científico.

É importante lembrar, que nosso objeto de pesquisa central está voltado para analisar a entrada de textos de divulgação científica no LD de química especificamente no que diz respeito a radioatividade. Deste modo, nossa preocupação já está em olhar como um texto produzido em outro local e com outros propósitos e condições de produção, se insere em outro texto (o do LD), que possui diferentes condições de produção.

Apenas um dos trabalhos supracitados, Martins (2006) tem analisado o fato de o LD ser composto por outros tipos de textos, oriundos de outras fontes. No entanto, essa heterogeneidade do LD observada, o trata como um híbrido discursivo. Martins (2006), ao realizar uma revisão de trabalhos que tomam o LD como objeto, identificou a necessidade das abordagens teórico-metodológicas destes trabalhos considerarem o LD, “[...] como artefato

cultural, cujos textos, híbridos, genéricos e semióticos, são atravessados por diversas formações discursivas, materializando o discurso sobre ciência na escola e mediando interações entre sujeitos, autores e leitores, implícitos e empíricos” (MARTINS, 2006, p.117).

Diante deste quadro, uma lacuna identificada pela autora corresponde à falta de estudos sobre o LD que problematizem os aspectos relacionados à sua linguagem. Nos estudos de Martins (2006) e Braga (2003) identificamos o entendimento do LD enquanto um discurso híbrido, “[...] *que se constitui a partir de re-significações do discurso científico, didático e cotidiano*” (MARTINS, 2006, p. 125, grifo nosso). Neste entremeio, o LD atuaria como um elemento mediador das interações discursivas entre os sujeitos que participam da construção do conhecimento sobre ciência na escola, como autores, cientistas, divulgadores, professores e alunos (MARTINS, 2006).

A autora complementa ainda uma visão que levanta inicialmente, apoiada em Braga (2003), ao trazer a ideia de híbrido semiótico, abrindo espaços para além do verbal sobre a comunicação na educação em ciências. Essa diversidade de linguagens, a verbal com o texto escrito, a matemática com equações, gráficos e a imagética com desenhos, diagramas, fotografias, são modos semióticos que podem ser considerados, de certa forma, aptos para lidar com as demandas comunicativas concretas.

Para expor esta relação, Martins (2006, p. 126) menciona que alguns estudos anteriores como os de (MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; MARTINS; DAMASCENO, 2002) mostram que,

[...] como livros didáticos de ciências recontextualizam uma variedade de discursos, a saber, o científico, o midiático, o cotidiano, o pedagógico, entre outros, transformando e incorporando trechos de textos a eles relacionados (originais de cientistas, textos de divulgação científica, notícias de jornal, histórias em quadrinhos, recomendações curriculares etc.) na construção de um discurso com identidade própria que reflete relações entre cultura e cultura científica, mediadas pela agenda social do sistema educacional, não correspondendo a versões simplificadas de nenhum dos discursos de referência. Estes resultados são corroborados pelos de Braga e Mortimer (2003) que analisaram o texto de Biologia em livros didáticos de Ciências e concluíram ser este um híbrido dos discursos científico, didático e cotidiano.

Concordamos com estes autores ao considerarem o discurso do LD composto por uma variedade de outros, apontados por eles como científico, midiático, cotidiano e pedagógico. Porém, neste capítulo vamos analisar esta composição heterogênea do LD por

outros textos a partir de Fleck (2010). Portanto, além da lacuna linguística na compreensão do LD, apontada anteriormente por Martins (2006) e de considerá-lo um híbrido discursivo, pontuamos para outra lacuna mais ampla, situada na relação entre linguagem e epistemologia, defendendo o LD como um híbrido textual em seu aspecto não apenas de forma, mas também epistemológico.

A geração e manutenção do conhecimento, depende intrinsecamente de processos que envolvem, de maneira integrada, tanto a realidade (observação, experimentos, etc.), quanto a circulação ou tráfegos de pensamentos e ideias, seja entre especialistas, seja entre não-especialistas ou entre especialistas e não-especialistas, materializados em textos. Assim, a partir da teoria de Fleck (2010), trazemos aspectos da circulação do conhecimento na sua relação com a produção dos fatos científicos e como a pluralidade de tipos de textos como dos periódicos, dos manuais e da ciência popular, que ao formarem um só, neste caso o LD, trazem importantes implicações que procuramos clarear.

Buscamos desta forma, interpretar este hibridismo como movimentos (tráfegos) textuais com função epistemológica (na constituição e manutenção do fato científico da radioatividade). Diferentes textos são chamados a integrarem o texto do livro didático por meio dos trânsitos que envolvem diferentes coletivos (dos especialistas em química, física, dos historiadores da ciência e dos educadores em ciências). A escolha pela teoria de Fleck se justifica pelo fato de levar em consideração, tanto os aspectos relacionados às características do texto quanto às questões epistemológicas ligadas à produção do conhecimento científico.

Com isso, analisando como o conceito de radioatividade é abordado neste LDs, buscamos responder as seguintes questões: Como a heterogeneidade de textos que compõe o LD pode ser interpretada à luz da epistemologia de Fleck, no que tange à radioatividade em LDs de Química do ensino médio? Como diferentes tipos de textos ao se unir (fundirem-se), se relacionam direta ou indiretamente com os fenômenos ali abordados? Em que condições de produção se dá o encontro entre estes textos e o Livro Didático?

O livro didático sofreu e ainda sobre controle do Estado e de políticas públicas que definem objetivos específicos para a formação das pessoas (LOPEZ; ORTEGA; MATTOS, 2020). Podemos citar o PNLD como uma política pública importante na construção do LD no Brasil. Diante dessas nuances, no próximo tópico discutimos sobre a trajetória dos LDs do ponto de vista histórico, principalmente no que se refere aos livros de química. Estas discussões são relevantes para entender a heterogeneidade de textos que o compõem e que são foco de nossas análises neste capítulo.

Além disso, se comparamos com o manual científico (utilizado na formação inicial do futuro especialista), que aspira à entrada do sujeito no círculo esotérico. Temos como principais responsáveis pela construção dos mesmos os próprios especialistas de cada área. Já que o LD não depende só dos especialistas, mas também de outras condições, que vão sendo alteradas conforme fatores não apenas ligados ao próprio desenvolvimento científico da área no círculo dos especialistas.

3.2 BREVE TRAJETÓRIA DO LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA

Inicialmente é importante que conheçamos um pouco da trajetória do funcionamento dos livros didáticos ao longo da história. Aqui trataremos especificamente dos livros didáticos de química. O Livro Didático historicamente, como aponta Bensaude-Vicent (2006),

[...] só surgiu em 1730 e foi amplamente utilizado apenas no final do século XVIII. A escrita de livros para fins didáticos antecedeu amplamente a introdução do termo. Além disso, o termo foi cunhado de acordo com uma pedagogia escolástica. "Livro didático" refere-se inicialmente a uma versão impressa de um trabalho clássico com linhas duplas de espaço, permitindo que o aluno insira suas observações sob a orientação do professor. Assim, os livros didáticos inicialmente pertenciam a uma tradição textual focada em comentários, e não a uma tradição científica baseada na observação da natureza e orientada para a inovação (BENSAUDE-VICENT, 2006, p. 668).

Além disso, segundo a autora no contexto europeu, muitos tratados da ciência foram publicados no século XVIII que contribuíram para determinar os perfis disciplinares das ciências naturais. Somente no século XIX é que os LDs se transformaram em um texto independente e característico de publicação científica, a partir do momento em que o ensino de ciências passou a ser obrigatório em várias universidades européias, bem como no ensino primário e secundário.

A introdução de LDs na educação brasileira data da década de 1930, sofrendo também influência do contexto europeu. Mori e Curvelo (2014) ao realizarem um estudo sobre a história dos LDs, especialmente aqueles voltados para o ensino de química, mencionam que os primeiros antecedentes dos mesmos, iniciaram em Portugal. Em 1772 foi promulgado pelo rei D. José I os estatutos da Reforma da Universidade de Coimbra, na qual criou a faculdade de Filosofia e, a partir dela, cadeiras de Física experimental, História Natural e Química. A partir disto, em 1787 Vicente Telles publicou seu primeiro texto de

Química: “*Dissertação sobre a fermentação em geral, e suas espécies*”, lançando-se em 1788 e 1790 as duas partes dos “*Elementos de Chimica*”, o primeiro livro escolar de química escrito por um brasileiro, ainda que impresso em Portugal” (MORI; CURVELO, 2014, p. 920).

Para apresentar algumas informações históricas relevantes, trazemos o quadro com uma síntese realizada por esses autores que ilustra as reformas educacionais entre 1841 e 1929 e os programas de ensino correspondentes, indicando onde a Química deveria ser ensinada e quais os LDs indicados.

Figura 8 - Reformas educacionais e sua relação com programas de ensino

Reforma	Programa	Série	Autor, obra (ano da 1ª edição)
1841	1850	7ª (ou 6ª)	não é indicado um livro específico
1855	1856	3ª (ou 3ª/4ª)	Roch Théogène Guerin-Varry, <i>Nouveaux éléments de Chimie théorique et pratique à l'usage des établissements de l'Université, précédés des notions de Physique nécessaires à l'intelligence des phénomènes chimiques</i> (1833)
1857	1858	6ª (ou 3ª/4ª)	“Apostilas do professor”
1862	1862	5ª	
1876	1877	6ª	Edmond Jean Joseph Langlebert, <i>Chimie</i> (1854)
1878	1879	5ª	
1881	1882	5ª	Charles Adolphe Wurtz, <i>Leçons élémentaires de Chimie moderne</i> (1867-1868); João Martins Teixeira, <i>Noções de Química geral, baseadas nas doutrinas modernas</i> (1875)
1890	1892	5ª	
1892	1893	5ª	Rodolphe Engel, <i>Nouveaux éléments de Chimie Médicale et de Chimie Biologique, avec les applications à l'Hygiène, à la Médecine Légale et à la Pharmacie</i> (1878)
1894	1895	5ª	
1898	1898	5ª/6ª – realista 7ª – clássico	
1911	1912	5ª/6ª	Louis Joseph Troost e E. Péchard, <i>Traité élémentaire de Chimie</i> (1865)
1915	1915	4ª/5ª	
1925	1926	4ª/5ª	O mesmo <i>Traité</i> de Troost e Péchard; Augusto Xavier Oliveira de Menezes, <i>Noções succintas de Chimica philosophica</i> (1917); acrescentados à 5ª série, João Martins Teixeira, <i>Noções de Chimica Inorgânica</i> (1878) e as <i>Noções de Química Geral</i>
1929	1929	4ª/5ª	Mesmos do anterior, mais Henri Vigneron, <i>Précis de Chimie-Physique</i> (1924); e para aulas práticas, George Sunmer e Ricardo Rodrigues Vieira, <i>Química prática: Química Inorganica, Química Analítica para os cursos fundamental e complementar</i> (?)

Fonte: Mori e Curvelo (2014, p. 921)

Este quadro toma como referência a fundação do Colégio Pedro II, com os anos dos programas de ensino correspondentes a cada reforma, bem como quais livros eram recomendados pelos programas para as aulas de química. “Embora os programas, em sua maior parte, digam respeito ao Colégio Pedro II, eles podem ser estendidos ao ensino secundário como um todo, pois o estabelecimento serviu como padrão para seus congêneres” (MORI; CURVELO, 2014, p. 920). Além disso, é possível observar alguns aspectos importantes: o ensino de química teve maior destaque na 5ª série do secundário; das 10 obras indicadas pelos programas, 6 eram francesas e 4 brasileiras; houve uma intenção das autoridades em organizar e modernizar o ensino secundário brasileiro ancorados nos liceus europeus, como a França e, ainda, a questão de que mesmo muitos livros sendo elaborados

para o Ensino Superior eram indicados também para o Ensino Secundário (MORI; CURVELO, 2014).

Podemos assinalar que as políticas e reformas de ensino desde cedo influenciaram na formulação, seleção e indicação de LDs. Questões externas ao processo de formulação dos LDs influenciam diretamente nas decisões sobre o que chegava até a sala de aula. Atualmente, não é diferente e percebemos que os LDs continuam a ter uma forte influência das políticas públicas que determinam, direta ou indiretamente, o que vai ou não para o LD, sendo desta forma, uma das condições de produção da textualização dos conhecimentos pelos LDs no contexto escolar.

Ao realizar um estudo sobre a química francesa do século XIX e seu impacto na constituição dos LDs, García-Belmar, Bertomeu-Sánchez e Bensaude-Vincent (2005), apontam que a introdução das reformas educacionais, durante a Revolução Francesa, transformou o ensino de ciências. No século XVIII a química era ensinada em cursos públicos sem regulamentação e as aulas eram assistidas por estudantes de medicina, farmácia e artesãos interessados em aplicações práticas da química. Somente depois da Revolução Francesa é, que a química se tornou parte integrante do currículo oficial de várias instituições de ensino.

Os autores complementam ainda, que além dos alunos das faculdades de medicina e farmácia, a partir do século XVIII e da primeira metade do século XIX surgiram inúmeros cursos preparatórios particulares, nos quais os LDs eram muito utilizados. Estes cursos ganharam força principalmente quando o grau de bacharelado em ciências passou a ser obrigatório para cursar a faculdade de medicina.

Outro estudo sobre os aspectos gerais da evolução dos livros didáticos de química foi realizado por Mortimer (1988), realçando as principais características que um determinado período imprime aos livros. Em sua análise, esse autor observou que nos anos de 1930 os livros de Química apresentam, em geral, uma pequena parte de química geral, seguida de uma química descritiva (que consiste na ocorrência dos elementos químicos na natureza, fontes, locais e estado físico em que se encontram).

As principais definições aparecem em meio a vários exemplos, em textos muito bem encadeados, não havendo uma preocupação em conceituar para depois exemplificar. Naquela época (1930) não havia também a existência de exercícios e problemas nos livros. Outro aspecto mencionado é que a apresentação gráfica dos livros do período é algo que não se

modificou até a década de 1960, “[...] eles trazem quase que exclusivamente textos; os títulos ocupam pouco espaço, e as ilustrações são em número bem reduzido. Os conceitos já aparecem sublinhados de alguma forma na maioria dos livros consultados” (MORTIMER, 1988, p. 26).

Ao longo das décadas de 1940 e 1950, a maioria das características dos livros se manteve constante em um período em que os conteúdos dos livros didáticos se apresentam bastante homogêneos, comum à observância rigorosa aos programas oficiais. Essa fase corresponde, também, à vigência da Reforma Capanema (MORTIMER, 1998).

O período seguinte corresponde à vigência da LDB (Lei de Diretrizes e Bases), de 1961. Neste período observa-se, ao contrário do anterior, uma grande heterogeneidade entre os livros de Química. No entanto, foi a partir de 1970 que os livros didáticos de Química sofreram mudanças radicais em relação aos períodos anteriores.

O que mais mudou foi a extensão da abordagem de determinados assuntos. Com a diminuição da carga horária de química no 2º grau, em consequência da profissionalização obrigatória introduzida pela Lei 5.692/71, os autores viram-se obrigados a simplificar o conteúdo dos livros. Isso não trouxe alterações significativas na abordagem e, em alguns casos, correspondeu até a uma melhoria, pois expondo menos assuntos, o autor corre um menor risco de errar (MORTIMER, 1988, p. 34).

Além disso, a década de 1970 foi marcada pela introdução de uma mentalidade tecnicista e burocrática em todo o sistema de ensino, o que afetou os próprios materiais didáticos. “O ensino transforma-se num adestramento, em que o mais importante é saber resolver problemas objetivos. Os alunos são treinados a resolver alguns tipos bem definidos de exercícios” (MORTIMER, 1988, p. 36).

Outro movimento muito importante sobre a questão dos processos de elaboração dos livros didáticos foi a criação do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), que desde 1996 prevê a distribuição de livros didáticos para os alunos do ensino médio público de todo o país. O PNLD tem como principal objetivo subsidiar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da educação básica. O programa é executado em ciclos trienais alternados.

Os materiais distribuídos pelo Ministério da Educação (MEC) às escolas públicas de educação básica do país são escolhidos pelos professores nas escolas somente depois que as obras inscritas de acordo com o edital lançado pelo MEC são aprovadas. O edital e as

coleções inscritas no PNLD, além de envolver a regulamentação pública, são realizados com o auxílio de comissões técnica específicas, formadas por especialistas das diferentes áreas do conhecimento com a participação da comunidade de pesquisa em Educação em Ciências, na formulação dos editais, na avaliação e seleção dos livros e ainda nas indicações para os professores e as escolas.¹⁵

Em estudo acerca do processo de elaboração e avaliação do LD de Química, no âmbito do PNLD, Oliveira e Rosa (2016, p. 282) pontuam que,

[...] a produção do livro – desde sua escrita, até seu uso em salas de aula, passando pela editoração, avaliação e distribuição – está cercada por diversos contextos que podem ser incorporados em sua elaboração, a partir da recontextualização e hibridização dos discursos produzidos nesses meios. Com essa dinâmica, a autoria das políticas passa a ser plural: diversos sujeitos delas participam e a constroem.

Para tanto, a partir deste programa os autores de livros didáticos passaram a seguir certos padrões para se adequarem às exigências do mesmo. No caso da Química, há alguns elementos de ensino, que estão presentes no edital do PNLD, por exemplo, a experimentação, a história da ciência e a contextualização dos conteúdos.

Os discursos presentes nas recomendações oficiais do PNLD podem ser ressignificados por diferentes leituras, o que resulta em políticas curriculares hibridizadas por um processo de recontextualização (ROSA; OLIVEIRA, 2016). Consideramos esta política pública como uma das condições de produção que afetam a forma como os saberes se inserem e se organizam nos LDs.

3.3 CONTRIBUIÇÕES DE FLECK PARA ENTENDER O LIVRO DIDÁTICO ENQUANTO UM TEXTO HÍBRIDO

A produção do fato científico para Fleck se dá a partir de diferentes textos, que estão relacionados com os tráfegos inter e intracoletivos entre o círculo esotérico e exotérico. No capítulo 1 e tópico 1.2 desta tese, já foram explicitados com maior profundidade o papel dos diferentes textos na produção e manutenção da ciência nos diferentes coletivos de pensamento. No capítulo 2, vimos a participação de textos de periódicos, no círculo esotérico,

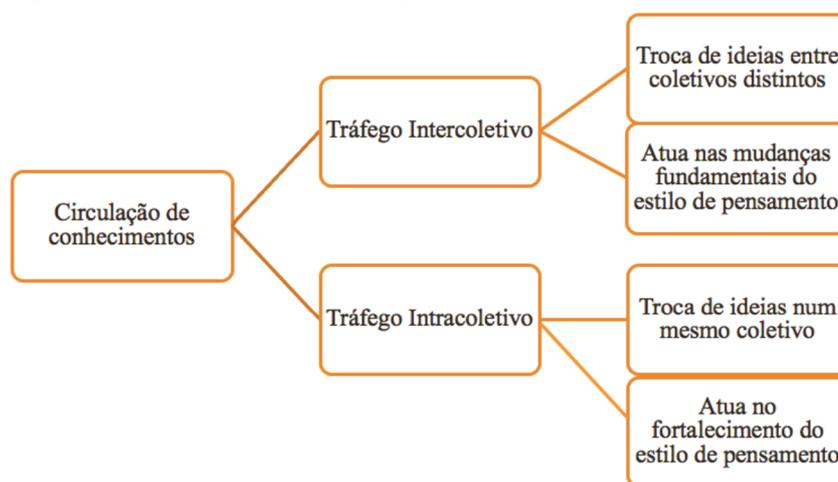
¹⁵ Mais informações no sítio: <http://portal.mec.gov.br/pnld/apresentacao>

na gênese da radioatividade, bem como alguns textos da ciência popular naquele mesmo contexto histórico. Todavia, neste capítulo retomamos algumas ideias de Fleck, para nos ajudar a compreender o LD como parte do processo de circulação e textualização do conhecimento científico que contempla diversos textos em sua composição. Acreditamos que cada uma destas textualizações, com suas características próprias e condições de produção bem definidas, ao entrarem em contato, formulam para nós o que chamamos aqui de texto híbrido.

Buscamos desta forma, entender este hibridismo e como e em quais momentos, diferentes textos provenientes da ciência dos periódicos, manuais e popular se aderem ao texto do LD, no fato científico da radioatividade. Esses movimentos textuais e epistemológicos se dão por meio dos trânsitos ou tráfegos que envolvem um mesmo ou diferentes coletivos de pensamento.

A partir da epistemologia de Fleck, entendemos que não há como produzir conhecimentos sem que ocorram tráfegos de pensamentos. Esses tráfegos se encarregam pelas formas textuais e epistemológicas de comunicação dentro de um mesmo coletivo (intra-coletivo) e entre diferentes coletivos de pensamento (inter-coletivo) (FLECK, 2010).

Figura 9 - Distinção entre tráfego intercoletivo e intra-coletivo



Fonte: elaborado pela autora baseada nos conceitos de Fleck (2010)

E são estes tráfegos que se encarregam do reforço ou mudanças nos sentidos atribuídos aos conceitos, na constituição dos fatos científicos,

[...] qualquer tráfego intercoletivo de pensamentos traz consigo um deslocamento ou uma alteração dos valores de pensamento. Do mesmo modo que a atmosfera (*Stimmung*) comum dentro do coletivo de pensamento

leva a um fortalecimento dos valores de pensamento, a mudança de atmosfera durante a migração intercoletiva provoca uma mudança desses valores em toda sua escala de possibilidades: da pequena mudança matizada, passando pela mudança completa do sentido até a aniquilação de qualquer sentido (FLECK, 2010, p. 161).

Um exemplo de tráfego intracoletivo bem desenvolvido por Fleck é a sistematização dos consensos alcançados na ciência dos manuais. Sobre o tráfego entre os círculos esotéricos e exotéricos na sua relação com a ciências dos manuais, podemos sintetizá-lo como uma dependência mutua, ou seja, uma via de mão dupla. O deslocamento do centro esotérico torna o pensamento cada vez mais dominado pela plasticidade emotiva¹⁶, ausente de detalhes e mais utilitário (OLIVEIRA, 2012).

Para sistematizar as características textuais e epistemológicas das quatro formas sociais de pensamento apontadas por Fleck (2010), apresentamos o quadro a seguir, de modo a destacar a forma e o papel destes diferentes textos que fazem parte dos tráfegos inter e intracoletivos anteriormente apontados.

Quadro 2 - Características textuais e epistemológicas dos tipos de ciência

Tipo de ciência	Características textuais	Papel epistemológico
Ciência dos periódicos (círculo esotérico)	<ul style="list-style-type: none"> • Carrega a marca do provisório e pessoal; • Fragmentária e incerta; • Utiliza códigos e símbolos específicos de acordo com determinado estilo de pensamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode incitar as mutações dos estilos de pensamento; • Reforça e atua no fortalecimento dos estilos de pensamento.
Ciência dos manuais (círculo esotérico)	<ul style="list-style-type: none"> • É sistemática, impessoal e assegurada; • Possui um carácter coercitivo; • Exige um resumo crítico em um sistema ordenado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representa o consenso de um estilo de pensamento; • Escolhe, mistura, adapta e sintetiza os saberes provenientes da ciência dos periódicos e da ciência popular; • Torna-se axioma e

¹⁶ Recursos utilizados para tornar a informação mais significativa e entendível ao público leigo, utilizando gráficos, esquemas, imagens e metáforas.

		diretriz de pensamento.
Ciência popular (círculo exotérico)	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de detalhes e polêmicas; • Promove uma simplificação artificial; • É esteticamente agradável, viva, apodítica e ilustrativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representa um fator de impacto genérico de qualquer conhecimento; • Efeito retroativo no especialista; • Forma a opinião pública e a visão de mundo.
Ciência dos livros didáticos (círculo exotérico)	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de aprofundamento deste tipo de texto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciação a ciência por meio de métodos pedagógicos particulares; • Não possui a função de formar especialistas, este aspecto caberia a ciência dos manuais e dos periódicos.

Fonte: elaborado pela autora baseada nos conceitos de Fleck (2010)

Mesmo que Fleck não aponte com detalhes as características da ciência nos livros didáticos, ele lembra e destaca seu papel epistemológico na produção dos fatos científicos. Podemos deduzir que, assim como na ciência dos manuais, os LDs também possuem um carácter coercitivo, pois nele os conhecimentos são apresentados após uma seleção prévia, destacando fontes, nomes, processos, ou seja, como saberes já “bem-acabados” e consolidados.

Qualquer introdução didática, portanto, é literalmente uma “condução-para-dentro”, uma suave coação. A pedagogia se vale do uso do caminho histórico da ciência, pois conceitos mais antigos possuem a vantagem de uma menor especificidade de pensamento; por esse motivo, são de compreensão mais fácil para o novato. Além disso, já são conhecidos pelo grande público e, por isso, por alguns aprendizes. A iniciação em um estilo de pensamento, portanto também a introdução em uma ciência, são epistemologicamente análogas àquelas iniciações que conhecemos da etnologia e da história cultural. Não surtem apenas um efeito formal: o Espírito Santo desce no novato e algo até então invisível se lhe torna visível. Esse é o efeito da assimilação de um estilo de pensamento (FLECK, 2010, p. 155)

Assim, procuramos entender como esses trânsitos/tráfegos atuam na textualização do fato científico da radioatividade nos LDs de química, envolvendo os diferentes coletivos de pensamento, sejam os especialistas da área de química e física, divulgadores e historiadores da ciência, os educadores, além de políticas públicas, como o PNLD.

3.4 DISPOSITIVO ANALÍTICO

É importante considerar os diferentes contextos de produção/circulação da ciência, pelos periódicos, pelos manuais e pela ciência popular em sua formulação, pois possuem características distintas e interlocutores diferentes. Essa diferença tem um papel epistemológico na constituição/manutenção dos fatos científicos, que em determinado momento se cruzam e se materializam na forma de LD.

Selecionamos 66 textos a partir de cinco coleções de livros didáticos de Química do ensino médio que foram aprovadas pelo PNLD 2018 (BRASIL, 2016). Optamos por analisar apenas os capítulos que trouxeram discussões acerca da radioatividade, como um critério para aprofundar as discussões dos hibridismos textuais na sua relação com o conceito propriamente dito. Além disso, consideramos este um tema de fronteira entre as áreas da Química e da Física com implicações até mesmo para o campo da Biologia. Este aspecto amplia as contribuições que o olhar para estes textos pode gerar nestas diferentes áreas de conhecimento.

Assim, além de circular nos LDs de Química (principal objeto de análise desta tese), o tema circula também em periódicos científicos, em manuais de Química, Física e Biologia do ensino superior e médio, músicas, peças de teatro, filmes, séries, livros de não-ficção, romances, além das notícias sobre ele como a questão dos acidentes, impactos, implicações e aplicações deste tema em diversos âmbitos. Consideramos que todas essas formas de circulação, influenciam direta e indiretamente o que chega até a escola sobre este assunto nos LDs, bem como a compreensão mais ampla deste tema.

Os livros selecionados pelo PNLD (2018) para serem utilizados nos anos de 2018, 2019 e 2020, e que compõem nosso *corpus* de análise foram os seguintes:

Quadro 3 - Livros Didáticos de Química que compõe nosso corpus de análise

Coleção	Autores	Volume/Capítulo analisado
Viva	Vera Lúcia Novais e Murilo Tissoni Antunes	Volume 1/Capítulo 4 Volume 3/Capítulo 1
Ser Protagonista: Química	Julio Cezar Foschini Lisboa	Volume 1/Capítulo 5 Volume 2/Capítulo 13
Química	Carlos Alberto Mattoso Ciscato; Luis Fernando Pereira; Emiliano Chemello e Patrícia Barrientos Proti.	Volume 1/Capítulo 3 Volume 3/Capítulo 3
Química	Martha Reis Marques da Fonseca	Volume 1/Capítulo 6 Volume 3/Capítulo 11
Química	Andréa Horta Machado e Eduardo Fleury Mortimer	Volume 1/ Capítulo 6

Fonte: elaborado pela autora

A coleção “Química Cidadã” de autoria de Gerson Mól e Wildson Santos, não fez parte de nossas análises, pois excepcionalmente nesta versão correspondente ao PNLD (2018), os autores abriram mão de abordar o tema da radioatividade, justificando tal escolha por conta deste tema ser abordado atualmente nos LDs de Física e, por isso, não trariam em suas versões.

A seguir apresentamos de maneira geral, os pontos que nortearam nossas análises acerca dos LDs previamente selecionados:

a. Caracterização temática da radioatividade nos livros didáticos de Química

Na primeira leitura dos capítulos, identificamos como a radioatividade é apresentada nos LDs. A partir de uma descrição temática, apontamos qual foi a abordagem desta inserção e quais os assuntos destacados neste processo. Esta caracterização é relevante, porque situa como a organização dos capítulos que tratam do tema investigado é organizado, ou seja, quais tópicos são realçados em cada livro e quais as designações dadas aos mesmos. Isto porque a forma e organização de cada capítulo pode influenciar direta ou indiretamente a escolha da heterogeneidade dos textos que compõe o LD.

b. Os tráfegos textuais, caracterizando as fontes e funções dos hibridismos

Procuramos desvendar como a diversidade de textos e fontes constituem o LD, tornando-o um texto híbrido. É importante ressaltar, que nossa noção de tráfego textual, se diferencia daquela apresentada por Martins (2006), que chama de “híbrido discursivo”, como já apontado na introdução. Além disso nossa noção de tráfego textual se diferencia também do conceito de tráfego de pensamento (momento em que as ideias surgem e são compartilhadas em um mesmo ou em diferentes coletivos de pensamento), trazido por Fleck. Nosso foco está no trânsito/tráfego textual, que por sua vez faz parte dos tráfegos de pensamento.

c. A relação entre a exterioridade e as diferentes textualizações dos livros didáticos

Consideramos os LDs como produtos históricos, e como estamos analisando o contexto atual, precisamos levar em consideração o PNLD como uma condição de produção, que atua na construção e seleção dos LDs que chegam às escolas públicas brasileiras. Diante disto, possíveis influências podem estar associadas à escolha da inserção dos diferentes tipos de textualizações analisadas.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma vez que todos estes livros foram submetidos e aprovados no PNLD 2018, por um mesmo edital. Tal edital impõe uma série de requisitos que fazem os LDs possuírem certas semelhanças em sua estrutura, mas com determinadas particularidades na forma de expor os conceitos.

3.5.1 Caracterização do tema radioatividade nos livros didáticos de Química

Para possibilitar a visualização de como a radioatividade se configura nos LDs, elaboramos o quadro seguinte com informações que nos ajudam a mostrar as especificidades de cada coleção analisada.

Quadro 4 - Organização do tema Radioatividade e/ou Energia Nuclear nos Livros Didáticos

LD/ Autoria	Volume	Capítulo	Tópico(s)
Vivá – Química Novais e Antunes (2016)	1	Capítulo 4: Estrutura atômica: conceitos fundamentais	“Os átomos podem “quebrar”?”
	3	Capítulo 1: Radioatividade e Reações Nucleares	<ul style="list-style-type: none"> - O que é radioatividade? - Quais são as emissões naturais? - Leis das emissões radioativas - Meia-vida - Reações nucleares - Radioatividade artificial - Fissão nuclear e bomba atômica - Energia atômica e destruição - A fusão nuclear e a bomba de hidrogênio - Efeitos da radioatividade - Reatores nucleares: fonte de energia - Usinas nucleares no Brasil - Outros usos da radioatividade
Ser Protagonista – Química” Lisboa (2016)	1	Capítulo 5: Modelos atômicos e características dos átomos	- Modelo de Rutherford e as partículas fundamentais do átomo
	2	Capítulo 13: A Radioatividade e as Reações Nucleares	<ul style="list-style-type: none"> - A descoberta da radioatividade e suas leis - As séries radioativas - Transmutações artificiais - Fissão nuclear - Fusão nuclear
Química Fonseca (2016)	1	Capítulo 6: Eletricidade e radioatividade	-A radioatividade
	3	Capítulo 11: Leis da Radioatividade e energia nuclear	<ul style="list-style-type: none"> - Emissões nucleares naturais - Leis de Soddy - Período de meia-vida - Séries ou famílias radioativas - Aceleradores de partículas - Radioatividade artificial - Fissão nuclear - Fusão nuclear
Química Ciscato et al.	1	Capítulo 3: Elementos químicos e tecnologia: modelos sobre a	- O modelo atômico de Rutherford

(2016)		constituição da matéria Tema 1: Os átomos e os elementos químicos	
	3	Capítulo 2: Outras fontes energéticas: biocombustíveis e energia nuclear Tema 3: Energia nuclear Capítulo 3: A Química na medicina Tema 4: Medicina nuclear	- A Fissão nuclear - As usinas nucleares - O funcionamento das usinas nucleares - Os acidentes nucleares de Chernobyl e Fukushima e rejeito nuclear - A Fusão nuclear - Breve histórico sobre a descoberta da radioatividade - Os principais tipos de radiação nuclear - Efeitos biológicos das radiações - Radioterapia - O acidente com césio-137 - Exames nos quais se utiliza radioatividade: tomografia e cintilografia - A cinética do decaimento nuclear
Química Mortimer e Machado (2016)	1	Capítulo 6: Modelos para o átomo e uma introdução a tabela periódica	- A descoberta da Radioatividade

Fonte: elaborado pela autora

Estrutura composicional dos Livros Didáticos

Uma regularidade encontrada nas coleções analisadas, foi a estrutura composicional dos LDs. No início de todos os livros, após uma breve apresentação dos autores há uma seção “conheça seu livro”, descrevendo as seções que compõem a organização geral dos capítulos. Essa regularidade se justifica para atender o bloco 1 dos critérios de avaliação do PNLD 2018, que consiste na “[...] apresentação da disposição e organização dos conteúdos químicos da obra” (BRASIL, 2017, s.p).

Com poucas alterações todos os LDs trouxeram essas designações por meio de um infográfico explicativo. Como exemplo apresentamos a forma como duas coleções descreveram cada item. (1) *Abertura da unidade*: menciona que as imagens de abertura se relacionam de alguma forma com os conteúdos que serão desenvolvidos, acompanhadas de um texto breve introdutório com algumas questões no final, que serão abordadas no decorrer

da unidade; (2) *Para situá-lo*: busca introduzir e contextualizar o que será desenvolvido no capítulo; (3) *Viagem no tempo*: explora episódios relevantes da História da Ciência no contexto do desenvolvimento de algumas pesquisas; (4) *Química - prática e reflexão*: apresenta sugestões de experimentos, com as devidas orientações de segurança e ainda questões que estimulem as discussões e reflexões acerca dos experimentos; (5) *Conexões*: aborda a relação entre os conceitos químicos a outras áreas da ciência, além de possíveis relações com situações do cotidiano; (6) *Boxes*: auxiliam na complementação ou aprofundamento de alguns assuntos tratados no capítulo; (7) *Glossário*: traz o significado de algumas palavras ou termos utilizados durante o capítulo; (8) *Sugestões de filmes, livros, sites*: ao final de cada capítulo há uma lista contendo sugestões destes materiais para auxiliar no desenvolvimento de determinado assunto; (9) *Testando seus conhecimentos*: insere questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e de vestibulares nacionais; (10) *Atividades*: durante todo capítulo há propostas de exercícios que se relacionam aos conceitos desenvolvidos; (7) *Questões comentadas*: em alguns casos há a resolução de algumas questões com suas respectivas explicações (NOVAIS; ANTUNES, 2016).

Em outra coleção, podemos observar: (1) *Abertura da unidade e do capítulo*: há um questionamento sobre o que já se conhece sobre o assunto incluindo um breve texto. Já a abertura do capítulo contém um texto e uma imagem do assunto específico que irá tratar. (2) *Boxes*: apresentam alguma complementação e/ou contextualização dos conteúdos; (3) *Atividades*: podem ser do tipo de questões globais (que integram os assuntos dos capítulos), ou de vestibular e ENEM (que trazem um seleção dos exames aplicados no Brasil ao longo do tempo); (4) *Seções especiais*: são compostas por ‘Química tem história’ em que são tratadas ideias científicas em seu contexto de produção/ ‘Química e ...’, apresenta uma relação entre a Química e outras áreas do conhecimento/ ‘Atividade experimental’, com propostas de experimentos, modelos e observações sobre determinados conceitos/ ‘Ciência, tecnologia e sociedade’, apresentam textos que estimulem o debate e reflexão sobre o tema do capítulo e por fim o ‘Projeto’, que consiste em propostas que envolvam a comunidade escolar com o objetivo de viabilizar um trabalho coletivo (LISBOA, 2016).

Como veremos com maior profundidade no decorrer do capítulo, muitos dos tráfegos textuais que analisamos estão inseridos nestas seções, por meio de boxes, exercícios, ciência, tecnologia e sociedade, conexões, entre outros. No apêndice A, há um quadro no qual sintetizamos de que forma e em que local cada tráfego textual ocorre, bem como o principal tema e fonte de cada texto.

Local de inserção do tema radioatividade nos LDs

Todos os LDs com exceção da coleção Química-Mortimer, apresentaram o tema em dois momentos. O primeiro deles, ocorreu no volume 1 das coleções, geralmente no capítulo de estrutura atômica, somente a coleção Química - Fonseca (2016), trouxe estes temas no capítulo de “eletricidade e radioatividade”, que mesmo com outro nome trouxe discussões a respeito da estrutura do átomo.

O segundo momento, ocorre predominantemente no volume 3, somente a coleção Ser Protagonista - Antunes, apresentou no volume 2. Os tópicos tratados em cada capítulo variam de livro para livro, como pode ser verificado no quadro 4 apresentado anteriormente. É importante considerar, que nosso foco está no fato científico da radioatividade, que consiste na emissão de radiação (eletromagnética ou de partículas) pelos núcleos dos átomos. Outros fatos, como, por exemplo, fissão e fusão nuclear, envolvem outros conceitos, mas possuem de certa forma, relação com a radioatividade e buscamos identificar se há o desenvolvimento destas relações na explicação de tais conceitos no desenvolvimento da radioatividade (foco de nossa análise).

Outro aspecto importante que destacamos no quadro 4, foi que apesar de alguns volumes não apresentarem em seus títulos o termo radioatividade, o tema foi tratado no desenvolvimento destes tópicos. A exemplo disso temos no volume 1 da coleção Ser protagonista que mesmo não atribuindo um tópico específico sobre radioatividade, quando trabalha o tópico: “Modelo de Rutherford e as partículas fundamentais do átomo”, o autor desenvolve uma discussão sobre a importância da descoberta da radioatividade para a evolução do pensamento científico do final do século XIX, destacando a relação entre os experimentos de Rutherford e seus colaboradores, enquanto estudavam este fenômeno, na busca de entender a emissão espontânea das radiações invisíveis e de alta energia pela matéria. A radioatividade também apareceu no encerramento do capítulo por meio de um texto externo na seção, ciência, tecnologia e sociedade, intitulado: “O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX”. Mais adiante comentaremos com maiores detalhes as características deste texto.

No volume 1 da coleção Vivá, ocorreu algo semelhante. No capítulo sobre estrutura atômica e tópico, os átomos podem “quebrar”, houve uma breve descrição sobre os experimentos de Becquerel, Marie e Pierre Curie acerca da radioatividade e, em seguida, o destaque dos experimentos de Rutherford e seus colaboradores para determinar as

características das emissões radioativas. Essa forma de relação com a radioatividade ocorreu também no volume 1 de Ciscato et al. (2016) no tópico “O modelo atômico de Rutherford”. Por fim, o tema 3 (energia nuclear), explora a relação entre radioatividade e as reações nucleares, mas o foco maior está no entendimento do funcionamento das usinas nucleares.

3.5.2 Os tráfegos textuais, caracterizando as fontes e funções epistemológicas dos hibridismos

No quadro 5, quantificamos os tipos de tráfegos textuais inseridos nos LDs analisados. Essa seleção teve como ponto de partida, as fontes citadas no decorrer dos capítulos. Identificamos essas fontes baseados nas características dos diferentes textos com base em Fleck, como apontado anteriormente no quadro 2.

Quadro 5 - Caracterização dos diferentes tráfegos textuais citados nos Livros Didáticos

Coleção/ Autor(es)	Ciência do Periódicos	Ciência dos Manuais	Ciência Popular	Periódicos de Educação em Ciências
Vivá – Química Novais e Antunes (2016)	-	8	14	2
Ser Protagonista – Química Lisboa (2016)	3	1	10	3
Química Fonseca (2016)	-	-	4	1
Química Ciscato et al. (2016)	-	7	9	2
Química Mortimer e Machado (2016)	2	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora

3.5.3 Os tráfegos textuais da ciência dos periódicos para os Livros Didáticos

A quantidade de textos provenientes da ciência dos periódicos entrou nos LDs em menor quantidade quando comparado com textos da ciência dos manuais e da ciência popular. A seguir destacamos as formas e em que locais houve tais inserções:

Observamos que em alguns momentos a entrada de tais textos realizou associações entre a radioatividade e suas aplicações. Na coleção Viva, de Novais e Antunes (2016), por exemplo, essa inserção ocorreu por meio da imagem de um fóssil de peixe, inserido durante as explicações, dentro do tópico “outras aplicações da radioatividade” no item “Geologia e arqueologia”. A fonte é proveniente do Instituto de Geociências da USP e, consiste em um estudo desenvolvido para estimar a idade deste fóssil a partir da quantidade de carbono existente.

Outras formas de inserção observadas na coleção “Ser Protagonista de Lisboa (2016), foi proveniente de um periódico de saúde pública¹⁷, no trecho foi apresentado uma discussão sobre a utilização de substâncias radioativas na medicina nuclear, para diagnosticar e tratar algumas doenças. A partir disto, um quadro com os principais radionuclídeos emissores de pósitrons e suas características foi utilizado. Nesta mesma obra, outra inserção proveniente do trecho de um texto de dissertação de mestrado,¹⁸ sobre uma análise dos efeitos biológicos causados por radiação não ionizante na faixa de telefonia celular, que discute sobre uma utilização inadequada de uma tinta a base de rádio e fósforo em instrumentos de navegação e ponteiros de relógio, a qual gerou graves intoxicações e mortes nas pessoas que trabalharam nestas produções.

Vemos aqui, nestes casos, que a contribuição para o fato da radioatividade está na relação de tais situações com aplicações tecnológicas ligadas à nossa vida, que dão o sentido da existência real, cotidiana e tecnológica da radioatividade. Seja para o diagnóstico e tratamento de doenças, na datação de fósseis ou na utilização inadequada do rádio em diversos instrumentos, ou seja, a radioatividade aparece como fato.

¹⁷ ROBILOTTA, C. C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 20, p. 134-142, 2006. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/2006.v20n2-3/134-142/pt>

¹⁸ BUSSINGER, B. **Análise comparativa dos efeitos biológicos causados por radiações não ionizantes na faixa de telefonia celular**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações) - Universidade Federal Fluminense, Niterói. Disponível em: <http://ebfc.xpg.uol.com.br/Efeitos%20Biologicos.pdf>

Embora sejam textos com fontes de periódicos, sua função dentro dos LDs parece atuar como a da ciência popular, “[...] no estágio do saber cotidiano e popular, ele se torna carne: uma coisa imediatamente perceptível, isto é, realidade” (FLECK, 2010, p.179).

Outra forma em houve tráfegos da ciência dos periódicos para o LD estava relacionada a outros fatos científicos relacionados à radioatividade. Podemos citar, que tanto em Lisboa (2016) quanto em Ciscato et al. (2016) vemos na discussão sobre fusão nuclear o trânsito de textos provenientes da ciência dos periódicos. No primeiro caso há a citação de um grupo de pesquisa de ensino de física¹⁹, para trazer o processo dos estágios do ciclo do carbono, que produz a maior parte da energia que o sol irradia para o espaço. No segundo caso, houve a apresentação de uma imagem de uma pesquisa da universidade de Chicago²⁰, que representava os possíveis estágios de uma estrela, com as respectivas temperaturas do núcleo, reação nuclear primária e elementos químicos formados.

Nestes casos, observamos uma relação mais distante com o fato da radioatividade em si. Sobre isto, Fleck (2010, p. 153) considera que, “Nunca um fato é completamente independente de outros [...] Por isso, cada fato repercute retroativamente em outros, e cada mudança, cada descoberta exerce um efeito em um campo que, na verdade, não tem limites.

Em outros tráfegos da ciência dos periódicos, observamos a realização de uma Abordagem histórica da gênese da radioatividade. No LD de Mortimer e Machado (2016), por exemplo, no tópico “descoberta da radioatividade” vemos a inserção de um trecho de uma comunicação²¹ publicada por Henri Becquerel em 1896 sobre como desenvolveu um de seus experimentos sobre fosforescência, utilizando chapas fotográficas. A inserção do trecho de um dos experimentos de Becquerel contribui parcialmente para a explicação da descoberta da radioatividade, pois insere questões como a falta de compreensão inicial deste fenômeno, que até então estava relacionado com investigações acerca da fosforescência e fluorescência e a especificidade das observações sobre o urânio. Outro aspecto que a descrição do experimento de Becquerel possibilita é a diferenciação das propriedades das radiações que ele observou dos conhecidos raios X, *“ao contrário dos raios X, os “raios de Becquerel” não causaram grande furor na época. A ideia de Becquerel sobre a natureza desses raios era a de que eles*

¹⁹ PALANDI, J. **Fusão Nuclear**. Grupo de Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Maria. 2010. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/gef/arquivos/fisinuc.pdf>

²¹ BECQUEREL, H. Sur les radiations émises par phosphorescence. **Comptes rendus de l' Academie des Sciences**, Paris, 122 420-421, 1896. Disponível em: https://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Becquerel/Becquerel_pdf/CR1896_p420.pdf

estavam associados à fluorescência emitida pelas substâncias” (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 144).

Outra citação explícita em sua obra, foi no texto intitulado “O casal Curie e a descoberta do Polônio e do Rádio”, nele há uma citação de uma publicação de Marie Curie realizada em 1923²², sobre um relato das condições em que desenvolveram suas investigações:

Nós estávamos na época inteiramente absorvidos pelo novo domínio que tínhamos pela frente, graças a uma descoberta um tanto inesperada. Nos sentíamos felizes, apesar de nossas condições de trabalho. Nosso dia se esvaía no laboratório, e muitas vezes acontecia de almoçarmos ali mesmo. No nosso hangar pobre reinava uma grande tranquilidade [...] nós vivíamos com uma preocupação única, como num sonho (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 145).

Apontamos novamente aqui, a relação entre o periódico e seu campo de especialidade. Neste caso, hoje são fontes que permeiam o campo da história da ciência. Estes elementos (mesmo que indiretamente) exercem sua função nos tráfegos, em relação ao desenvolvimento do fato científico da radioatividade, à medida que apresentam aspectos relacionados a sua gênese.

3.5.4 Os tráfegos textuais de periódicos da área de Educação em Ciências para os Livros Didáticos

De fato, a área de Educação em Ciências se configura como uma área de conhecimento mais atual. Quando Fleck desenvolveu sua teoria esta área ainda não atuava de forma expressiva na produção do conhecimento. Atualmente, a área tem ganhado muita abrangência e, cada vez mais, novas linhas de pesquisas surgem e participam da produção do conhecimento, direcionando o olhar para os contextos formais e não formais de ensino.

Podemos considerar que a área de Educação em Ciências tem seu círculo esotérico de pensamento, se utilizarmos as categorias de Fleck. Todavia, é necessário relativizar essa questão, o que queremos dizer é que um pesquisador ou coletivo de pesquisadores que publicam um artigo sobre aspectos ligados a radioatividade na área de Educação em Química ou Física, está integrando e alimentando o círculo esotérico da área de Educação em Ciências. Porém, ao falar de radioatividade, tais pesquisadores estão situados na zona do círculo

²² CURIE, M.; CURIE, P. With autobiographical notes. New York, Macmillan. 1923.

exotérico dos especialistas em radioatividade. “O pertencer a um círculo ou a outro só faz sentido se relativizado, se comparado com o círculo correspondente. Quanto mais se afasta do núcleo esotérico em direção à periferia exotérica, mais simplificada é a tradução do fato científico” (DELIZOICOV et al., 2002, p. 60).

Evidencia-se que um indivíduo pertence a vários coletivos de pensamento. Como pesquisador, ele faz parte de uma comunidade com a qual trabalha e, muitas vezes de maneira inconsciente, faz surgir ideias e desenvolvimentos que, logo depois de se tornarem autônomos, não raramente se voltam contra seus autores. Como membro de um partido, como representante de uma classe, de um país, de uma raça etc. pertence a outros coletivos. Quando chega a viver num grupo, logo se transforma em seu membro e obedece às suas imposições. Tanto o indivíduo pode ser estudado do ponto de vista coletivo, quanto o coletivo do ponto de vista individual, sendo que, em ambos os casos, tanto a especificidade da personalidade individual quanto da totalidade coletiva somente se tornam acessíveis com o uso dos métodos adequados (FLECK, 2010, p. 87-88).

Assim, para Fleck podemos ocupar vários coletivos de pensamentos, sendo que a maioria deles se situaria no círculo exotérico. Ao participarmos de vários coletivos de pensamento simultaneamente atuamos como veículo no tráfego de pensamento, fazendo parte da circulação intercoletiva de ideias, contribuindo como fonte para transformar ou modificar um estilo de pensamento (LEITE; FERRARI; DELIZOICOV, 2001).

A formação de qualquer coletivo de pensamento, seja de origem religiosa, científica, artístico entre outros, se forma a partir de um círculo esotérico pequeno e de um amplo círculo exotérico com maior quantidade de indivíduos no coletivo de pensamento. “Um coletivo de pensamento consiste em muitos desses círculos que se sobrepõem, e um indivíduo pertence a vários círculos exotéricos e a poucos círculos esotéricos” (FLECK, 2010, p. 157). Poderíamos desta forma, supor que o hibridismo do LD, portanto, representa um espaço de encontro desses diferentes círculos.

Como já discutido no capítulo 1, há uma relação de dependência entre o círculo exotérico e o círculo esotérico, que se baseia na confiança nos iniciados. Estes por sua vez, não são independentes e dependem direta ou indiretamente da opinião pública do círculo exotérico, surtindo assim, o fechamento interno do estilo de pensamento (FLECK, 2010).

Estas discussões nos ajudam a diferenciar e entender que o núcleo de cada especialidade é diferente, mesmo quando se fale de um mesmo assunto. Portanto, é necessário levar em consideração a participação do coletivo de Educação em Ciências na formação do texto híbrido do LD de Química, ao qual estamos investigando nesta pesquisa.

Como na ciência dos periódicos analisada no tópico anterior, observamos também nos tráfegos dos periódicos da educação a relação com a abordagem histórica sobre a descoberta da radioatividade.

Em Lisboa (2016), ao abordar sobre o contexto da descoberta da radioatividade, houve a menção de trechos de um artigo da *Química Nova na Escola* (Qnesc)²³, para apontar as pesquisas de Henri Becquerel, de Marie e Pierre Curie. Outro artigo da Qnesc²⁴ foi citado logo no início do capítulo sobre radioatividade de Novais e Antunes (2016), que destacou alguns impactos das pesquisas sobre radioatividade, no contexto de sua produção.

Assim como na discussão do tópico anterior sobre a abordagem histórica, defendemos a relevância da mesma para construção do fato da radioatividade. Contudo, estes tráfegos textuais apresentam uma complexidade, pois são artigos provenientes de uma revista com caráter bastante híbrido, que, muitas vezes, pode ser vista como de divulgação científica para professores, e, neste caso em particular, são artigos da linha de pesquisa da História da Ciência. Esta por sua vez, possui um círculo esotérico que produzem conhecimentos dentro desta perspectiva. Logo, estes artigos supracitados da Qnesc fariam parte do círculo exotérico da História da Ciência no contexto do coletivo da Educação.

Outra abordagem histórica inserida no LD de Fonseca (2016) proveniente de um artigo do *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*²⁵ sobre as pesquisas iniciais de Becquerel a respeito de materiais fosforescentes e da relação deste cientista com a produção do conhecimento da radioatividade. Logo no início do tópico há a citação do artigo:

²³ CHASSOT, A. I. Raios X e radioatividade. *Química Nova na Escola*, 2(2), 19-22, (1995). Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/historia.pdf>

²⁴ LIMA, R. S.; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 2, p. 93-99, 2011. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/04-HQ10509.pdf

²⁵ MARTINS, Roberto Vieira. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 7, p. 27-45, 1990. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10061/14903>

Figura 10 - Tráfego textual da ciência dos periódicos da Educação para o Livro Didático

A radioatividade

"O bom trabalho experimental é extremamente difícil, criativo e instigante, desde que se tenha coragem de enfrentar, no laboratório, fenômenos que se recusam a respeitar as teorias estabelecidas."

MARTINS, Roberto de A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis: Ed. da UFSC, n. 7, p. 27-45, jun. 1990.

Fonte: retirado de Fonseca (2016, p. 143)

A citação propriamente dita remete à uma situação mais geral sobre o papel dos experimentos na construção dos conhecimentos. Todavia, durante a leitura do restante do texto neste LD, observamos semelhanças ao restante das discussões do artigo que foi citado apenas no início do texto. Como exemplo, apresentamos o trecho do artigo original citado e, posteriormente o texto do LD, que por sua vez, não realizou uma citação explícita do artigo supracitado para falar destes elementos.

[...] como, nesses dias, o Sol apareceu apenas de modo intermitente, conservei as experiências que havia preparado e coloquei as placas com seus envoltórios na obscuridade de uma gaveta de um móvel, deixando as lâminas do sal de urânio em seu lugar. Como o Sol não apareceu de novo nos dias seguintes, revelei as placas fotográficas a 1º de março, esperando encontrar imagens muito fracas. Ao contrário, as silhuetas apareceram com grande intensidade” (BECQUEREL, 1986 apud. MARTINS, 1990, p. 34).

Antes que pudesse chegar a uma conclusão, ele precisou interromper seus experimentos, por causa do mau tempo que encobriu o céu de Paris de 26 de fevereiro até 1º de março de 1896, e guardou o minério de urânio dentro de uma gaveta escura junto com alguns filmes virgens protegidos por um invólucro de papel preto. Em 1º de março ele retomou os experimentos e revelou as chapas fotográficas na expectativa de encontrar imagens muito tênues do minério. Para sua surpresa, silhuetas do minério apareceram na chapa com uma nitidez que ele nunca havia observado (FONSECA, 2016, p. 142-143).

No tráfego textual deste artigo de um periódico da área de Educação em Ciências, pudemos observar uma adaptação realizada em sua formulação, no sentido de que a autoria já não pode ser mais reconhecida no LD. Isto porque no LD, aparece a citação de um texto dos periódicos de autoria de Becquerel, feita por Martins (1990) em seu texto dos periódicos na área da Educação, sem remeter nenhum destes autores, caracterizando assim, um tipo de hibridismo implícito desta forma textual, qual seja, a do LD de Química.

Como uma das exigências do edital é que os livros apresentem contextualização histórica, supomos que nessas passagens, os autores estão direcionando por meio da inserção destes tráfegos textuais aos avaliadores do PNLD, respondendo às exigências do edital.

Outro ponto a ser destacado, no que diz respeito à relação de tais tráfegos com o fato da radioatividade mencionamos, novamente, a questão de que tal fato possui além de sua gênese um desenvolvimento. A análise da gênese de um fato científico leva à reflexões sobre como a ciência resulta de um amadurecimento histórico e social (MASSONI; MOREIRA, 2015). Neste tráfego exemplificado anteriormente, há um destaque ao estilo de pensamento caracterizado naquela época em um dos primeiros experimentos realizado acerca deste fenômeno, que até então era pouco compreendido.

Novamente, como no tópico anterior sobre os tráfegos dos textos da ciência dos periódicos para os LDs, aqui também encontramos textos com foco na exploração das aplicações da radioatividade. Tais textos também procuram evidenciar o caráter prático do conhecimento em nossa realidade.

Um caso destes está situado no final do capítulo do LD de Lisboa (2016), onde houve a inserção de um quadro trazendo trechos de um artigo da Qnesc²⁶ para apresentar a “Radioquímica e a idade da Terra”. Outro texto também proveniente da Qnesc²⁷ foi inserido no LD de Ciscato et al. (2016) no tópico sobre a “Química do carbono-14”. Os trechos retirados do artigo trouxeram discussões acerca do funcionamento da técnica e também de suas limitações.

Outra inserção foi realizada no item dos “efeitos biológicos da radiação”, em Ciscato et al. (2016). A apresentação desta discussão ocorreu por meio de um quadro explicitando algumas fontes emissoras de radiação. O quadro foi reportado de um artigo proveniente do *Journal of Chemical Education*²⁸ (jornal de educação química).

Diante das discussões acerca dos tráfegos da ciência dos periódicos e da ciência dos periódicos da área de Educação para os LDs de Química, podemos sintetizar algumas observações. Toda vez que temos um objeto de saber, a sociedade se separa como que na forma de um espectro entre os especialistas, e os não especialistas em relação a esse objeto de

²⁶ ARAÚJO, D. F.; MÓL, G. S. A Radioquímica e a Idade da Terra. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, p. 164-171, 2015. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc37_3/03-QS-07-13.pdf

²⁷ FARIAS, R. F. A Química do tempo: Carbono-14. **Química Nova na Escola**, n. 16, p. 6-8, 2002. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc16/v16_A03.pdf

²⁸ HUTCHISON, S. G.; HUTCHISON, F. I. Radioactivity in everyday life. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 5, p. 501, 1997. Disponível em: <https://scihub.wikicn.top/https://doi.org/10.1021/ed074p501>

saber. Isto serve para qualquer área, não só entre os cientistas, mas como o coletivo dos astrólogos, dos advogados, dos médicos, etc.

Em contrapartida, quando falamos do âmbito científico os especialistas, que se situam no centro da produção de tais conhecimentos e se organizam em uma forma comunicacional, que se configura na ciência dos periódicos. E essa noção ainda precisa ser comparada, pois um periódico faz parte de determinados coletivos de pensamento e, por isso, os artigos produzidos pelo coletivo de especialistas que produzem conhecimento na área de Educação em Química não é o mesmo para pesquisadores que atuam na Química Inorgânica, por exemplo. A gama de periódicos é bastante ampla e subdividida em áreas e subáreas aplicadas de determinados conhecimentos.

Do ponto de vista de Fleck, quando se fala na gênese do fato, os textos citados nos LDs, que trouxeram diferentes aplicações do conhecimento da radioatividade, são textos que dão a realidade deste fato já estabelecido e estável até o presente momento. E este papel não questiona sua origem e sim o fortalece, ou seja, tudo isso no fundo possui a função epistemológica da ciência popular (já debatida no capítulo 1 e que será aprofundada na análise dos textos provenientes da ciência popular no próximo capítulo).

Ao olhar para o texto precisamos entender além de suas características textuais, enquanto estrutura e forma, mas também pensar sua função epistemológica. Deste modo, ao olhar este hibridismo, do ponto de vista da radioatividade enquanto fato científico, tais textos possuíram em maior parte o papel da ciência popular e outros o de trazer questões da gênese deste fato científico, por meio de abordagens históricas. É importante considerar também que todos os tráfegos textuais analisados da ciência dos periódicos e dos periódicos da educação para o LD, se deram a partir de trechos. Assim, esta análise se refere a estes trechos na sua relação com a radioatividade dentro do LD. Em seu contexto original de produção, ele pode possuir outro papel e outra dimensão epistemológica.

3.5.5 Os tráfegos textuais da ciência dos manuais para os Livros Didáticos

Os tráfegos textuais observados em relação à ciência dos manuais se deram em sua totalidade por meio da inserção de imagens ilustrativas e representativas associadas às discussões dos conceitos. Uma das formas que podemos observá-los foram em momentos em que houveram representações de experimentos, por exemplo, no capítulo sobre estrutura atômica encontramos algumas imagens proveniente da ciência dos manuais para representar

os experimentos realizados por Rutherford sobre a natureza das radiações emitidas por materiais radioativos (NOVAIS; ANTUNES, 2016); LISBOA (2016). Os manuais citados foram Chang (2005) e Kotz e Treichel (2005).

Em outros momentos, encontramos esquemas para explicações de fenômenos relacionados à construção do conceito de radioatividade, como em Novais e Antunes (2016), observamos várias citações à ciência dos manuais para representar alguns fenômenos sobre a fissão do ^{235}U ; fissão nuclear e de um reator nuclear. Já em Ciscato et al. (2016) observamos a inserção de imagens relacionadas à fissão nuclear, fusão nuclear, núcleos estáveis e sobre a meia vida de alguns radioisótopos.

Além da utilização de imagens e esquemas serem um requisito do PNLD (como será melhor desenvolvido no tópico 4.5.6 deste capítulo), a ciência dos manuais é uma das fontes utilizadas por autores de LDs para a construção do LD. Todavia, no decorrer das explicações não há a caracterização de fontes explícitas da ciência dos manuais que não sejam por meio de imagens ou esquemas. Podemos supor que há, dessa forma, uma adaptação textual que pode caracterizar um hibridismo implícito no LD, que ainda pode utilizar várias fontes nesta composição. Como nos atemos nesta análise às fontes explícitas citadas nos LDs, podemos supor que o papel epistemológico da citação das imagens provenientes da ciência dos manuais que, por sua vez, servem como exemplificações, podem ajudar a reforçar o efeito coercitivo da textualização do LD, que nas palavras de Fleck vai direcionando a forma de “perceber” e “agir” sobre aquele determinado estilo de pensamento.

3.5.6 Os tráfegos textuais da ciência popular para os Livros Didáticos

A maior parte dos tráfegos textuais inseridos nos LDs analisados fazem parte da ciência popular. Neste tópico não aprofundaremos detalhadamente sua forma de entrada nem sua relação direta ou indireta com o tema da radioatividade. Esta escolha se justifica, por conta de nosso principal objeto de pesquisa desta tese, qual seja, analisar a entrada de textos de DC sobre Radioatividade em LDs de Química e que serão, portanto, discutidas com maior profundidade no próximo capítulo.

Deste modo, procuramos apenas demonstrar que a ciência popular também participa da construção do hibridismo dos LDs e que transita em sua constituição de diversas maneiras. O quadro a seguir apresenta este indício supracitado:

Quadro 6 - Tráfegos textuais da ciência popular para os Livros Didáticos

Título e Autor	Tema do texto	Tipo e fonte do texto utilizado	Relação entre a forma do texto no LD e sua versão original citada
Coleção VIVA-Novaes Antunes (2016)	Ministério trata como prioridade questão nuclear no país, diz presidente do INB	Ciência Popular- Notícias/Agência Brasil	Trechos do original
	Radiofármacos	Ciência Popular- Notícias/Cnen	Trechos do original
	Acidente com Césio-137	Ciência Popular- Portal/G1	Trechos do original
	A bomba atômica e a guerra fria	Ciência Popular/ Livro: Era dos extremos: o breve século XX- Hobsbawm E.	Trechos do original
	Mulheres na Ciência	Ciência Popular/ Livro: Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências suas vidas, lutas e notáveis descobertas. Mc Grayne S. B.	Trechos do original
	A maioria das mulheres cientistas desiste de suas carreiras- e a culpa é nossa	Ciência Popular- Revista Época	Trechos do original
	Efeitos biológicos de com a dose de radiação	Ciência Popular- sítio: <i>atomicarchive</i>	Quadro
	Efeitos da contaminação por radioisótopos no organismo humano	Ciência Popular- Manual de biossegurança	Infográfico
	Vírus Zika	Ciência Popular- Notícias/Agência Brasil	Trechos do original
	O que é irradiação de alimentos?	Ciência Popular- Revista Superinteressante	Trechos do original
	Franceses querem fechar “escola radioativa”	DC/Jornal Folha de São Paulo	Adaptado do original
	Japoneses encontram elemento químico 113 da tabela periódica	Ciência Popular- Revista Veja	Trechos do original
Bomba atômica	Ciência Popular- Jornal estadão	Citado na íntegra	

	Bomba de hidrogênio	Ciência Revista Fapesp	Popular- Pesquisa	Trechos do original
Coleção Química- Fonseca (2016)	Segurança de usinas nucleares é questionada em seminário no Senado	Ciência Senado/	Popular- notícias	Trecho do original
	Destinação de lixo nuclear preocupa participantes de seminário no Senado	Ciência Senado/	Popular- notícias	Trecho do original
	Aplicações pacíficas da radiatividade	Ciência IPEN/	Popular- notícias	Adaptado do original
	Séries radioativas naturais	Ciência CNEN/	Popular- notícias	Imagem
Coleção Ser Protagonista- Lisboa (2016)	Geoprocessamento	Ciência tutorial/INPE	Popular- -	Trechos do original
	Datação por carbono-14	Ciência Engenho Erasmus/USP	Popular- dos	Trechos do original
	Elementos transurânicos	Ciência Boletim eletrônico da SBQ	Popular- -	Trechos do original
	A fusão nuclear e as estrelas	Ciência Revista	Popular- Ciência Hoje	Trechos do original
	Lixo radiativo	Ciência Revista Superinteressante	Popular- -	Trecho do original
	Propriedades dos radionuclídeos: grupo dos actínídeos	Ciência da internet	Popular/ sítio	Trechos do original
	Elementos transurânicos	Ciência da ciência	Popular-Seara	Trechos do original
	O acidente de Fukushima	Ciência Notícias/Eletrobras	Popular- -	Trechos do original
	Acidente com Césio-137	Ciência Senado	Popular- notícias	Trechos do original
	Acidente nuclear de Fukushima	Ciência news	Popular- BBC	Adaptado do original
Coleção Química- Ciscato et al. (2016)	Percentual de geração de eletricidade por energia nuclear (2014)	Ciência Notícia/Agência IAEA	Popular- -	Quadro
	Possíveis estágios de uma estrela	Ciência Química nuclear/Universidade da Califórnia	Popular- -	Imagem

Fusão nuclear	Ciência Revista Fapesp	Popular- Pesquisa	Imagem
Mais perto da energia estelar	Ciência Revista	Popular- Ciência Hoje	Trechos do original
Bomba atômica	Ciência portal G1	Popular-	Trechos do original
Processo de Irradiação	Ciência Revista	Popular- Ciência Hoje	Trechos do original
Decaimento radioativo do tecnécio-99m	Ciência Sítio/cyberphysics	Popular-	Imagem
Estimativa de cobertura ao tratamento de câncer por radioterapia em diversos países do mundo em 2012	Ciência Jornal/Fronteiras em oncologia	Popular-	Imagem
Contaminação radioativa	Ciência blogspot	Popular-	Imagem

Fonte: elaborado pela autora

3.5.7 A relação entre as condições de produção e as diferentes textualizações nos Livros Didáticos

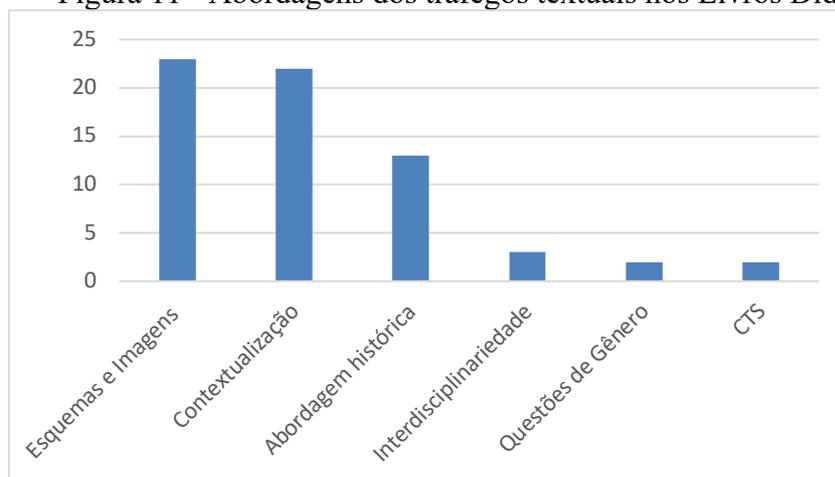
Como podemos perceber a partir do tópico 4.2 sobre a trajetória dos livros didáticos, um dos fatores que influenciam na configuração dos livros são as políticas públicas. Sendo que, uma das principais políticas públicas atuais relacionadas aos LDs e que consideramos como uma condição de produção importante na alteração dos formatos dos mesmos é o PNLD. Este programa, pré-estabelece aos autores e editoras de LDs certos “padrões” para se adequarem as exigências do mesmo.

De fato, notamos que o PNLD está relacionado com a entrada de diferentes textos no LD, ou seja, com esse hibridismo textual. Uma vez identificados os textos fizemos uma primeira leitura e categorização dos mesmos, sendo que grande parte deles foram inseridos durante as explicações dos conceitos por meio de imagens e esquemas, em quadros chamados de Boxes como “Saiba Mais”, “Química e Física”, Química e Biologia” (remetendo a interdisciplinaridade), “Conexões”, “Química tem história”, entre outros.

De maneira geral, os textos inseridos nos LDs parecem se enquadrar aos requisitos do PNLD, pois é possível estabelecer uma relação entre esses textos com elementos do mesmo. Identificamos desta forma, a relação de tais elementos com os seguintes requisitos: questões de gênero, contextualização, utilização de imagens e esquemas, interdisciplinaridade, abordagem histórica e abordagem CTS.

A partir da totalidade (66 textos) de nossa pesquisa, dos tráfegos textuais de diferentes coletivos de pensamento, como da ciência dos periódicos, a ciência dos manuais, a ciência popular e os periódicos na área de Educação em Ciências que fizeram parte da hibridização dos LDs defendida neste capítulo, apresentamos o gráfico a seguir com essa sistematização. É importante frisar que a maioria dos textos indicava para determinada abordagem por meio de seções pré-definidas nos LDs, todavia quando não houve tal direcionamento nós os categorizamos de acordo com o contexto de exigência do PNLD, a partir de uma interpretação das relações que o texto pudesse gerar. Além disso, alguns textos poderiam ser enquadrados em mais que uma destas categorias, como, por exemplo, um texto sobre datação de carbono-14 indicado pelo livro na seção “Química e Biologia”, com foco no requisito da interdisciplinaridade poderia servir também como uma forma de contextualização. Percebemos assim, que essas relações não são fixas, mas nos ajudam a sistematizar nossa análise e apresentá-los com alguns exemplos na sequência.

Figura 11 - Abordagens dos tráfegos textuais nos Livros Didáticos



Fonte: elaborado pela autora

Consultando o guia PNLD 2018 de Química²⁹, no item de princípios e critérios de avaliação, encontramos vários pontos que são pré-requisitos para a escolha do LDs. A seguir destacamos os pontos que possuem maior relação com a forma dos tráfegos textuais que discutimos anteriormente a partir do guia do PNLD e posterior exemplo de como cada questão foi inserida nos LDs.

²⁹ Mais informações podem ser consultadas em: <https://www.fnnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/11148-guia-pnld-2018>

No que diz respeito às questões de gênero:

“3.1.4 promove positivamente a imagem da mulher, considerando sua participação na produção do conhecimento químico, reforçando sua visibilidade e seu protagonismo social.

3.1.5 aborda a temática de gênero e possibilita a construção de uma sociedade não sexista, justa e igualitária, inclusive no que diz respeito ao combate à homo e transfobia” (BRASIL, 2017, p.16).

Figura 12 - Exemplo de inserção de uma questão de gênero no Livro Didático de química



Conexões

Mulheres na Ciência

Numa época em que as mulheres estavam ainda começando a conquistar seus direitos (por exemplo, o voto feminino só foi instituído no Reino Unido em 1918, nos Estados Unidos em 1920 e no Brasil em 1932), cientistas como Marie, Irène e Lise tiveram de lutar contra uma série de impedimentos. Marie Curie teve apoio do marido e reconhecimento mundial – mas foi uma exceção entre tantas cientistas que não contaram com nenhum incentivo.

Muitas delas enfrentaram enormes obstáculos. Foram confinadas em laboratórios de porões ou em escritórios de sótãos. Esconderam-se atrás de móveis para assistir a conferências científicas. Por muito tempo, trabalharam como voluntárias em universidades dos Estados Unidos, sem remuneração até um período tão recente como o final dos anos 50. A ciência era considerada árdua, rigorosa e lógica; as mulheres deviam ser meigas, fracas e ilógicas. Como consequência, mulheres cientistas eram seres anormais.

MCGRAYNE, Sharon B. *Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*. São Paulo: Marco Zero, 1994.



Lise Meitner, em 1916. Descobridora da fissão nuclear, ela viu o mérito por essa descoberta ser atribuído a Otto Hahn.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 29)

No que diz respeito aos aspectos da contextualização:

“4.1.1 situa os conceitos químicos em diferentes contextos e/ou situações da vivência cotidiana.

4.1.5 apresenta o conhecimento químico de forma contextualizada, considerando dimensões sociais, econômicas e culturais, da vida humana em detrimento de visões simplistas acerca do cotidiano estritamente voltadas à menção de exemplos ilustrativos genéricos que não podem ser considerados significativos enquanto vivência” (BRASIL, 2017, p. 17).

Figura 13 - Exemplos de textos que contextualizaram o fato da Radioatividade

<p style="text-align: center;">SAIBA MAIS</p> <p>O equívoco da aplicação do rádio</p> <p>Durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), foi utilizada uma tinta à base de rádio e fósforo nos instrumentos de navegação aérea para permitir que fossem vistos em voos noturnos. Quando a guerra acabou, esta tecnologia foi usada em mostradores e ponteiros de relógios. As mulheres empregadas nesta tarefa costumavam passar as pontas dos pincéis na boca para afinar o traço e, sem saber, acabavam engolindo pequenas parcelas de rádio, comprometendo a sua saúde. Depois de dois anos, nove mulheres pintoras de mostrador morreram com uma grave e inexplicável anemia acompanhada por lesões na boca e mandíbula. Um dentista que tinha tratado uma das mulheres fez finalmente a conexão entre a inflamação do osso da mandíbula e a tinta dos relógios.</p> <p><small>BUSINGER, B. Análise comparativa dos efeitos biológicos causados por radiações não ionizantes na faixa de telefonia celular 2007. 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. Disponível em: <http://ebic.xpg.uol.com.br/Efetos%20Biologicos.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2016.</small></p>	<p>Limitações da técnica</p> <p>A técnica de datação através do carbono-14 [...] tem, contudo, suas limitações. Uma delas é a consideração de que a quantidade total de carbono-14 na atmosfera permaneceu constante ao longo do tempo (milhares de anos), o que pode não ser totalmente verdadeiro. Além disso, um objeto com "apenas" cem anos de idade não poderia ser convenientemente datado, uma vez que, nesse período de tempo, a quantidade de radiação emitida terá diminuído muito pouco para ser detectada alguma diferença. Assim, a incerteza na medida efetuada será de ± 100 anos. Além disso, objetos com mais de 40.000 anos (ou, seja, aproximadamente, sete "meias-vidas"), também não podem ser datados com grande segurança, uma vez que, após esse lapso de tempo, a radiação emitida terá sido reduzida a praticamente zero. Logo, a técnica aplica-se com boa margem de segurança para objetos que tenham entre 100 e 40.000 anos de idade.</p> <p>[...]</p> <p><small>Fonte: FARIAS, R. F. de. A química do tempo: carbono-14. <i>Química Nova na Escola</i>, n. 16, p. 6-8, nov. 2002.</small></p>
--	---

Fonte: Lisboa (2016, p. 247) e Ciscato et al. (2016, p. 172)

No que diz respeito a Interdisciplinaridade:

“4.1.7 articula os conteúdos com outros componentes curriculares, tanto na área das Ciências da Natureza quanto com outras áreas, marcando uma perspectiva interdisciplinar na proposição de temas, de questões de estudo e de atividades.

5.1.6 favorece a perspectiva interdisciplinar na abordagem dos conteúdos, incluindo referências a interfaces pedagógicas entre áreas afins e com outras áreas do conhecimento” (BRASIL, 2017, p. 18).

Figura 14 - Exemplo de interdisciplinaridade no LD de química

QUÍMICA E BIOLOGIA

Datação por carbono-14

Todo ser vivo tem em sua constituição partículas de carbono. Dentre as partículas do carbono existe uma partícula específica que nos possibilita datar com relativa exatidão em que época tais seres viveram.

A técnica do carbono-14 foi descoberta na década de 1940 por Willard Libby. Ele percebeu que a quantidade de carbono-14 dos tecidos orgânicos mortos diminui a um ritmo constante com o passar do tempo.

Assim, a medição dos valores de carbono-14 em um objeto fóssil nos dá pistas dos anos decorridos desde sua morte. [...] Isso possibilita entendermos em que época esses seres viveram. Hoje este é o método mais eficiente para estimar a idade de espécimes arqueológicas de origem biológica. Esta técnica é aplicável à madeira, carbono, sedimentos orgânicos, ossos, conchas marinhas, ou seja, todo material que conteve carbono em alguma de suas formas. [...]

PRCEU/USP. Disponível em: <<http://www.engenho.prceu.usp.br/datacao-por-carbono-14/>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

Fonte: Lisboa (2016, p.251)

No que diz respeito a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)

“5.1.1 contempla a abrangência teórico-conceitual da Química (história da ciência, CTSA, experimentação etc.)” (BRASIL, 2017, p. 18).

Figura 15 - Exemplo de um texto CTS no Livro Didático de Química

🌀 Ciência, tecnologia e sociedade

O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX

[...]

Os primeiros relatos sobre a radioatividade, devidos a Antoine-Henri Becquerel (1852-1908), foram feitos apenas alguns meses após a divulgação da existência dos raios X, feita por Wilhem Conrad Roentgen (1845-1923). A população e a mídia podiam perceber de imediato os efeitos desses últimos. Por exemplo, eles permitiam a visão interior do corpo humano por meio das radiografias, causando um impacto maior que a radioatividade, que não podia ser vista pelas pessoas.

[...]

Frederick Soddy (1877-1956), que realizou importantes pesquisas sobre as substâncias radioativas e a natureza dos isótopos, afirmava [...] que "a energia liberada na desintegração do rádio é quase que um milhão de vezes maior do que aquela obtida por uma mesma massa de matéria submetida a qualquer uma das transformações conhecidas anteriormente à descoberta da radioatividade". Isso levou a uma on-



O elemento rádio foi muito usado em produtos de beleza. Foto de 2010.

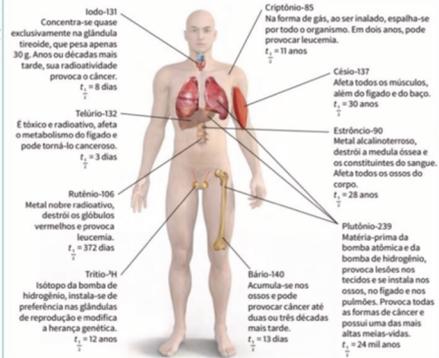
Fonte: adaptado de Lisboa (2016a, p. 97)

No que diz respeito à utilização de esquemas na construção dos conceitos:

"5.1.8 valoriza em suas atividades a necessidade de leitura e compreensão de representações nas suas diferentes formas, equações químicas, gráficos, esquemas e figuras a partir do conteúdo apresentado" (BRASIL, 2017, p. 18).

Figura 16 - Exemplos de imagens e esquemas inseridas nos Livros Didáticos de Química

Efeitos da contaminação por radioisótopos no organismo humano



Iodo-131
Concentra-se quase exclusivamente na glândula tireoide, que pesa apenas 30 g. Anos ou décadas mais tarde, sua radioatividade provoca o câncer.
 $t_{1/2}$ = 8 dias

Telúrio-132
É tóxico e radioativo, afeta o metabolismo do fígado e pode tornar-se canceroso.
 $t_{1/2}$ = 3 dias

Rutênio-106
Metal nobre radioativo, destrói os glóbulos vermelhos e provoca leucemia.
 $t_{1/2}$ = 372 dias

Trítio-3H
Isótopo da bomba de hidrogênio, instala-se de preferência nas glândulas de reprodução e modifica a herança genética.
 $t_{1/2}$ = 12 anos

Criptônio-85
Na forma de gás, ao ser inalado, espalha-se por todo o organismo. Em dois anos, pode provocar leucemia.
 $t_{1/2}$ = 11 anos

Cálio-137
Afeta todos os músculos, além do fígado e do baço.
 $t_{1/2}$ = 30 anos

Estrôncio-90
Metal alcalinoterroso, destrói a medula óssea e os constituintes do sangue. Afeta todos os ossos do corpo.
 $t_{1/2}$ = 28 anos

Plutônio-239
Matéria-prima da bomba atômica e da bomba de hidrogênio, provoca lesões nos tecidos e se instala nos ossos, no fígado e nos pulmões. Provoca todas as formas de câncer e possui uma das mais altas meias-vidas.
 $t_{1/2}$ = 24 mil anos

Bário-140
Acumula-se nos ossos e pode provocar câncer até duas ou três décadas mais tarde.
 $t_{1/2}$ = 13 dias

Cores fantasia, sem escala.

Tempo de meia-vida de alguns radioisótopos, seus respectivos usos e tipo de radiação emitida

Radioisótopo	Radiação	Meia-vida	Uso
^3H	β	12,33 anos	Traçador bioquímico
^{14}C	β	5,730 anos	Datação arqueológica
^{32}P	β	14,26 dias	Tratamento da leucemia
^{40}K	β	$1,26 \cdot 10^3$ anos	Datação geológica
^{60}Co	β, γ	5,27 anos	Tratamento do câncer
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	γ	6,01 horas	Varreduras do cérebro
^{131}I	β, γ	13,27 horas	Tratamento da tireoide
^{235}U	α, β, γ	$7,04 \cdot 10^8$ anos	Reatores nucleares

Fonte: MCMURRY, J. E.; FAY, R. C. *Chemistry*. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2004. p. 955.

Fonte: Novais de Antunes (2016, p. 32) e Ciscato et al. (p. 170)

No que diz respeito a história da ciência:

"Nesse sentido, a história da Química é outra maneira de auxiliar na melhor compreensão da natureza da ciência, da relação dos cientistas com a produção do conhecimento químico, das influências políticas para o desenvolvimento da Química e para o entendimento da construção coletiva da ciência e de sua provisoriabilidade. Não obstante, trabalhar com a história da Química na escola não é algo trivial e simples". (BRASIL, 2017, p. 12)

“Além de curiosidade sobre químicos, nos módulos da obra são exploradas passagens importantes da história da ciência e o contexto em que os conceitos, modelos e teorias, foram desenvolvidos. Ademais, as obras fazem indicações de leituras complementares sobre a história da Química” (BRASIL, 2017, p. 23).

Figura 17 - Exemplo de inserção de uma abordagem da história da ciência no Livro Didático de Química

UM POUCO DE HISTÓRIA

O CASAL CURIE E A DESCOBERTA DO POLÔNIO E DO RÁDIO

Marie Curie, nome que passou a adotar depois de desposar o físico francês Pierre Curie, era polonesa, de nome de solteira Maria Sklodowska. Na impossibilidade de frequentar a Universidade de Varsóvia, por ser mulher, ela mudou-se para Paris em 1891, onde começou a estudar Ciências Físicas na Universidade de Sorbonne, França. Licenciou-se em 1893 em Ciências Físicas e um ano mais tarde em Matemática. Em 1895, casou-se com Pierre Curie. Nesse mesmo ano Pierre tornou-se doutor em Ciências Físicas, defendendo tese sobre as propriedades magnéticas de corpos a diferentes temperaturas, pressões e intensidade de campos magnéticos. Em setembro de 1897 nasceu Irene, a primeira filha do casal e em dezembro desse mesmo ano Marie começou a trabalhar na sua tese sobre os “raios de Becquerel”. Em 1898, Pierre abandonou seu trabalho pessoal com cristais para ajudar sua mulher. Durante dois anos o casal foi trabalhar em um hangar abandonado da Escola de Física e Química, processando toneladas de pechblenda (minério de urânio, rádio e polônio) para obter o material radioativo que procurava. Apesar das condições de trabalho adversas, o casal trabalhou com afinco no projeto:

“Nós estávamos, nesta época, inteiramente absorvidos pelo novo domínio que tínhamos pela frente, graças a uma descoberta um tanto inesperada. Nos sentíamos muito felizes, apesar de nossas condições de trabalho. Nosso dia se esvaía no laboratório, e muitas vezes acontecia de almoçarmos ali mesmo. No nosso hangar tão pobre reinava uma grande tranquilidade [...] Nós vivíamos com uma preocupação única, como num sonho.” (CURIE, Marie, 1923).

Fonte: Mortimer e Machado (2016, p. 145)

Observamos, que todos os textos identificados se relacionam de alguma maneira com alguns dos requisitos do PNLD, que acaba sendo um articulador desses tráfegos textuais. É necessário levar em consideração ainda sobre os LDs uma dupla direcionalidade, pois ao mesmo tempo em que dialoga com os alunos e professores, também está conectado com membros da comunidade acadêmica, que buscam identificar se os livros atendem aos requisitos do edital do PNLD (LIMA, 2018).

Portanto, o PNLD se configura como uma condição de produção que afeta direta e indiretamente os tráfegos, fluxos e escolhas de textos que formam os LDs de Química atuais. Assumir e pontuar essa condição é relevante para entender os processos de formação e constituição do hibridismo do LD.

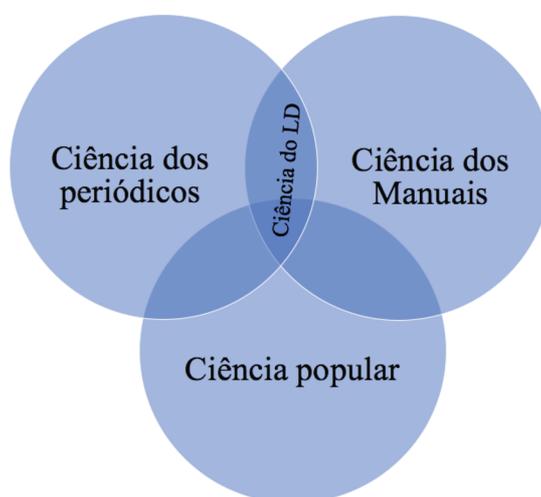
3.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A partir da teoria de Fleck, que considerou a abordagem histórica, epistemológica e social da ciência (este ponto foi desenvolvido com maior profundidade no capítulo 1 desta

tese), aspectos como circulação e textualização do conhecimento, em sua dimensão epistemológica, ganham mais relevância. Para desenvolver sua visão sobre a construção dos fatos científicos, Fleck (2010) considera que esse processo envolve vários estilos e coletivos de pensamento, num trabalho essencialmente coletivo (social), em que os sujeitos se comunicam e o conhecimento se constitui ao circular por meio de diferentes textos, tais como a “ciência dos periódicos”, a “ciência dos manuais” a “ciência popular” e a “ciência dos livros didáticos”, textos que têm papel constitutivo e, portanto epistemológico, em relação aos conhecimentos que fazem circular nas comunicações.

Essa reflexão nos ajudou a pensar sobre o papel que o LD possui na sociedade enquanto um tipo de texto híbrido, um tipo de ciência, na acepção de Fleck. Para clarear nosso entendimento, trazemos a Figura 19 para representar como entendemos este jogo complexo de textualização do fato da radioatividade pelos LDs, que como defendido neste trabalho, se configura como híbrido textual que participa do processo de circulação e produção do conhecimento científico na forma de um reforço do estilo de pensamento. O esquema a seguir sintetiza de forma simples o que estamos apontando nesta discussão.

Figura 18 - O Livro Didático como um texto híbrido



Fonte: elaborado pela autora

Ao levar em sua constituição diferentes tráfegos textuais (periódicos, manuais, popular), o LD se textualiza como um híbrido. Agora, a questão da autoria não fica mais em primeiro plano, ao retratar sobre os conceitos, há uma espécie de trama em que não é mais

possível saber qual tipo de discurso predomina naquele tipo de texto. Esta forma de escrita apresenta também um carácter coercitivo.

Esta característica pode ser associada ao que Fleck denomina por coerção de pensamento, proveniente do sistema ordenado da ciência dos manuais. Local onde, “[...] uma proposição se apresenta por si só com muito mais certeza e muito mais carácter comprobatório do que na exposição fragmentária dos periódicos. Torna-se uma determinada coerção de pensamento” (FLECK, 2010, p. 175).

O hibridismo do LD, portanto, representa um espaço de encontro das textualizações, enquanto processo textual e epistemológico, que abastecem as comunicações entre os diferentes círculos de pensamento (esotérico e exotérico). Hibridismo este, marcado também por condições de produção determinadas pelas políticas públicas, que vão acompanhando tais exigências e modificações.

3.7 REFERÊNCIAS

AMARAL, C. L. C.; XAVIER, E. S.; MACIEL, M. L. Abordagem das relações ciência/tecnologia/sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de química do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 101 - 114, 2016.

BENSAUDE-VINCENT, B. Textbooks on the map of science studies. **Science & Education**, 15(7-8), 667 - 670, 2006.

BRAGA, S. **O texto do livro didático de ciências: um gênero discursivo**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação. Belo Horizonte: UFMG, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: apresentação – guia de livros didáticos – ensino médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017a.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: química – guia de livros didáticos – ensino médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017b.

CHANG, R.; **Química Geral: Conceitos Essenciais**; 4ªed.; São Paulo. McGraw-Hill. 2005.

CISCATO, C. A. M.; CHEMELLO, E.; PEREIRA, L. F.; PROTI, P. B. **Química**. Editora: moderna, 1ª EDIÇÃO, 2016.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1 - 11, 2013.

DELIZOICOV, D. et al. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, p. 52 - 69, 2002.

ECHEVERRÍA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. **Livro Didático: Análise e utilização no Ensino de Química**. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Orgs.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Editora Unijuí, p. 263 - 286, 2010.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FONSECA, M. R. M. **Química**. Vol. 3, 1. Ed. São Paulo: Ática, 2016.

GARCÍA-BELMAR, A.; BERTOMEU-SÁNCHEZ, J. R.; BENSAUDE-VINCENT, B. The power of didactic writings: French chemistry textbooks of the nineteenth century. **Pedagogy and the practice of science: Historical and contemporary perspectives**, p. 219 - 51, 2005.

KOTZ J. C.; TREICHEL, P.M. Jr. **Química Geral e Reações Químicas**. Tradução da 6ª edição por F. M. Vichi, Pioneira Thomson Learning v. 1 e 2, 2005.

LEITE, B. S. A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. **Educación química**, v. 29, n. 3, p. 61 - 78, 2018.

LEITE, R. C. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. **Revista brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 2, 2001.

LIMA, N. W. **O lado oculto do fóton**: a estabilização de um actante mediada por diferentes gêneros do discurso. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

LIMA, N. W. et al. Um estudo metalinguístico sobre as interpretações do fóton nos livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015: elementos para uma sociologia simétrica da Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 331-364, 2018.

LIMA, N.W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015. **Caderno brasileiro de ensino de física**. Florianópolis. Vol. 34, n. 2, p. 435 - 459, 2017.

LISBOA, J. C. F. **Coleção, Ser Protagonista**: química, vol. 2: ensino médio. 3. Ed. São Paulo: edições SM, 2016.

LOPEZ, F. S.; ORTEGA, J. L. N. A.; MATTOS, C. Ensino de ciências como controle do estado: o caso da Alemanha nazista. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 22, 2020.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química**. São Paulo: Scipione, vol. 1. 2016.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Pro-posições**, v. 17, n. 1, p. 117 - 136, 2006.

MARTINS, R. A. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7, p. 27 - 45, 1990.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. A epistemologia de Fleck: uma contribuição ao debate sobre a natureza da ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 237 - 264, 2015.

MODEL, A. N. L.; ROMERO, A. L. Analogias em livros didáticos de química: análise de uma das obras aprovada pelo PNLD/2015. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 387 - 392, 2017.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 2, p. 67 - 91, 2016.

MORI, R. C.; CURVELO, A. A. D. S. O que sabemos sobre os primeiros livros didáticos brasileiros para o ensino de química. **Química Nova**, 37(5), 919 - 926, 2014.

MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. **Em aberto**, v. 7, n. 40, 1998.

MOTA, G. C.; CLEOPHAS, M. G. História da Ciência: elaborando critérios para analisar a temática nos livros didáticos de química do ensino médio. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 11, p. 33 - 55, 2015.

NUNES, A. O. et al. ANÁLISE DAS RELAÇÕES CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA GERAL. **Revista Areté| Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 13, n. 27, p. 26 - 37, 2020.

OLIVEIRA, B. J. **Os circuitos de Fleck e a questão da popularização da ciência**. In: CONDÉ, M. L. L. (org.). *Ludwik Fleck: estilos de pensamento na ciência*. Belo Horizonte, MG: Fino Traço, 2012.

OLIVEIRA, A. C. G.; ROSA, M. P. I. Recontextualizações e Hibridismos em Processos de Elaboração e Avaliação de Livros Didáticos de Química. **Química Nova na Escola-São Paulo**, v. 38, n. 3, p. 273 - 283, 2016.

SOUZA, P. H. R.; ROCHA, M. B. O caráter híbrido dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos. **Ciência & Educação**, 2018.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Coleção VIVA**. Editora positivo, vol. 1, 2, 3, 1. ed. 2016.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 2, p. 291 - 308, 2012.

4A ENTRADA DE TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: A TEXTUALIZAÇÃO DA RADIOATIVIDADE ENQUANTO FATO CIENTÍFICO

4.1 INTRODUÇÃO

A entrada da DC na Escola via Livro didático se configura como um movimento complexo que implica várias instâncias dos mais diversos setores da sociedade, como as políticas públicas, produtores de Livros Didáticos (LDs) e a mediação dos professores.

As discussões realizadas nos capítulos anteriores, como o aprofundamento teórico sobre as características da ciência popular e suas relações com a DC, bem como o papel epistemológico das formas de textualização do conhecimento científico na sociedade; a construção do conceito de radioatividade em sua gênese no final do século XIX e início do século XX; os tráfegos textuais que nos fazem considerar os LDs de química, no que diz respeito ao tema da radioatividade, como híbridos textuais que, por meio de tais tráfegos, incorporam diferentes textualizações advindas da ciência dos periódicos, da ciência dos manuais e da ciência popular, nos ajudam a entender melhor a entrada de textos de DC nestes LDs de química analisados.

Enfatizamos também, a importância de considerar os diferentes contextos de produção de tais textualizações e como esses tráfegos textuais, ao se incorporarem em um LD, o tornam um híbrido textual, como vimos no capítulo 3.

A produção de um fato científico implica experimentos, coleta e análises de dados empíricos, as trocas de ideias (e, portanto, processos que envolvem linguagens, comunicação e de produção textual) são processos igualmente constitutivos dessa produção. Diante deste ponto, que é central na Teoria de Fleck (2010) podemos realizar alguns questionamentos: como ocorre a textualização do fato científico da radioatividade pela entrada DC nos LDs de química? Como a entrada e alocação desta forma textual, trabalha, contribui, modifica e/ou acrescenta na textualização do conceito de radioatividade enquanto um fato científico?

Essas questões se relacionam diretamente com o principal objeto de pesquisa desta tese, ou seja, a circulação de um tema da ciência, neste caso, a radioatividade e sua textualização no LD por meio da entrada de textos DC, investigando as características do texto e seu papel epistemológico relacionado ao fato da radioatividade.

Inicialmente discutimos como entendemos os LDs, ou seja, sua importância e seu caráter constitutivo na produção dos fatos científicos a partir da teoria de Fleck (2010). Para isso, realizamos uma breve relação com a teoria da transposição de didática de Chevallard (1991) que, do nosso ponto de vista, apresenta limitações em relação alguns aspectos, como discutido no tópico a seguir.

4.2 PERSPECTIVA UNIDIRECIONAL SOBRE OS LIVROS DIDÁTICOS

Um estudo de grande relevância que tomou como objetivo distinguir os conteúdos científicos e didáticos, data da década de 1980 quando Yves Chevallard analisou o sistema de ensino de matemática francês, ao investigar como o conceito de “distância” é formado no campo de pesquisa de matemática pura e como reaparece no contexto de ensino da matemática no ensino fundamental.

Na Teoria da Transposição Didática de Chevallard (1991) observamos que, de certo modo, o autor também trabalha as questões da textualização quando aponta e identifica as características do saber escolar, a partir do que ele denomina de *texto del saber*. Tratando assim, a transposição didática como uma “[...] produção epistemológica específica de construção discursiva de objetos de conhecimento, envolvendo aspectos como legitimação, e cuja materialidade tem relação com o funcionamento da instituição” (SILVA, 2019, p. 9).

Em sua análise, Chevallard determina três esferas de saber: Saber Sábio, Saber a Ensinar e Saber Ensinado. O Saber Sábio é saber científico (empírico), que aparece em revistas e congresso científicos, ou seja, é desenvolvido em instituições de pesquisa e analisados pela própria comunidade científica. O Saber a Ensinar é o saber que aparece nos livros didáticos, nos materiais instrucionais, nele o saber passa por uma transformação, onde será revestido de forma mais didática. O Saber Ensinado é aquele efetivamente ensinado pelo professor em sala de aula (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2010).

Realizando uma conexão com a Teoria de Fleck podemos considerar que o saber sábio especializado equivale a ciência dos periódicos. Mesmo que Fleck não tenha analisado este movimento, ao ser transposto do contexto esotérico para o contexto do ambiente escolar, o saber tende a um saber mais exotérico, distante daquele que o originou, mantendo algumas semelhanças, mas com novas características textuais e epistemológicas associadas a esses saberes, que Fleck denomina de fatos científicos.

Para Chevallard (1991) sua teoria serve para refletir sobre os saberes escolares, assumindo a representação triangular do sistema didático, destacando ainda, a complexidade das relações estabelecidas entre os três pólos desse sistema: o saber (S), aquele que ensina/professor (P) e aquele que aprende/aluno (A). A teoria da transposição didática enfatiza a necessária distância entre o saber ensinado e seus saberes de referência.

As modificações entre esses saberes, aos pares, representam dois processos de transposição existentes: *transposição didática externa* e *transposição didática interna*. O primeiro transforma o saber científico em saber a ensinar, resultando no texto do saber (no Brasil, geralmente livros didáticos), já o segundo transforma o saber a ensinar em saber ensinado, produzindo um novo texto do saber, este segundo nicho é dependente da mediação de cada professor (CHEVALLARD, 1991).

O professor não transforma, por iniciativa própria, o saber sábio em objeto de ensino, ele intervém de maneira mais profunda no nível do saber ensinado. Este último por sua vez, seria o que o professor realmente ensina, por isso não se limita às propostas curriculares, pois seu ensino é influenciado também por sua interpretação, leituras, entre outros fatores. Para isto, ele tem o livro didático como referência e/ou a experiência de suas práticas anteriores. Por conta disso, parece ser importante refletir sobre a transformação existente entre o objeto de ensino e o seu produto, o saber ensinado. No entanto, é necessário acrescentar que todas estas transformações ocorrem, porque a transposição didática é justamente o efeito da entrada/passagem do conhecimento científico pela instituição escolar.

Sendo assim, a “transposição didática” designa o conjunto das transformações que sofre um saber dito sábio, para o saber ensinado. Em outras palavras, refere-se às modificações que sofrem os saberes científicos, quando estes passam a compor os saberes escolares. Essas mudanças percorrem um grande caminho, em primeiro lugar nas propostas curriculares, depois nos livros didáticos e, por último, em sala de aula. As transformações do objeto de saber em objeto de ensino devem ser necessariamente acompanhadas de uma análise epistemológica das hipóteses de aprendizagem e do contexto social.

Como mencionado, Fleck não realizou uma análise do saber ensinado, ou seja, da forma como os conhecimentos são realmente ensinados no contexto escolar. Apenas ressalta a importância da introdução didática a ciência, para as pessoas adentrarem a formação de um estilo de pensamento, mencionando que o livro de didático se encarregaria do primeiro contato com esta introdução.

Uma relação entre as categorias de Chevallard e Fleck foi proposta por Melzer (2015), que nos ajuda a sistematizar o que estamos discutindo.

Figura 19 - Relação entre as categorias de Chevallard e Fleck

Chevallard (1991)	Fleck (2010)
Saber Sábio	Saber Especializado (Ciência Dos Periódicos E Ciência Dos Manuais ⁹)
Saber A Ensinar	Ciência Dos Livros Didáticos
Saber Ensinado	-----
-----	Ciência Popular

Fonte: Melzer (2015, p. 473)

Fleck pressupõe que existem diferentes tráfegos de pensamentos, de forma análoga ao que Chevallard (1991) entende como transposição didática. O movimento da ciência dos periódicos para a ciência dos manuais se aproxima ao que Chevallard denomina como a passagem do conhecimento científico ao saber a ensinar, operada pela noosfera (círculo ou filtro que define o que fará parte dos saberes a ensinar) (MELZER, 2015).

Assim, pode-se entender que o modo como os dois autores enxergam a sociedade e o fluxo do saber é de certa forma parecida, guardando suas idiossincrasias, onde Fleck (2010) expande sua compreensão para a sociedade, entendendo como esta influencia à ciência e vice-versa, uma análise externalista. Enquanto Chevallard (1991) se aprofunda na compreensão do campo educacional, deixando as questões sociais em segundo plano, dando uma maior atenção a como o Saber Sábio, a ciência, é comunicada no ensino e na aprendizagem do aluno, uma análise mais internalista (MELZER, 2015, p. 473-474).

Mesmo Chevallard (1991) assumindo que o “*texto del saber*” é o resultado de um processo de transformação do saber sábio em saber escolar, que implica não apenas a transformação dos conteúdos, mas uma determinada forma textual, assim como Fleck determina e situa os distintos tipos de textos que abastecem e constituem as diferentes ciências, consideramos que Chevallard direciona seu olhar apenas para a direção do fluxo do saber sábio para o saber a ensinar e, por conseguinte, para o saber ensinado, não levando em consideração a direção contrária deste processo.

Como se daria o fluxo contrário? Como manuais e LDs atuariam como constitutivos na produção de conhecimentos? Em Fleck podemos observar diretamente tais questões, que envolvem a ciência dos manuais. Ora, se até mesmo a ciência popular possui um efeito retroativo como já discutimos no capítulo 1, podemos supor a participação constitutiva

também dos LDs, já que o mesmo carrega consigo um hibridismo de textualizações como a da ciência dos periódicos, da ciência dos manuais e da ciência popular.

Diante disto, pensando nos LDs como parte da Escola, podemos considerar que ela é constituída e participa da rede de circulação e formulações associadas aos conhecimentos científicos em nossa sociedade.

4.3 O CARÁTER CONSTITUTIVO DOS MANUAIS E DOS LIVROS DIDÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DE UM FATO CIENTÍFICO

Ao desenvolver sua visão sobre a construção dos fatos científicos, Fleck (2010) defende que esta construção envolve vários estilos e coletivos de pensamento num trabalho essencialmente coletivo (social), em que os sujeitos se comunicam e o conhecimento se constitui ao circular por meio de diferentes textos, tais como a “ciência dos periódicos”, a “ciência dos manuais” a “ciência popular” e a “ciências dos livros didáticos”, textos que têm papel constitutivo e, portanto, epistemológico, em relação aos conhecimentos que fazem circular nas comunicações.

Nos detemos agora ao papel da ciência dos manuais e da ciência dos livros didáticos. Primeiramente, é necessário levar em consideração que a ciência dos manuais não pode ser vista como um amontoado de artigos da ciência dos periódicos. Isto porque, este processo depende da migração social e constitutiva de pensamento proveniente “[...] dos fragmentos pessoais do saber dentro do círculo esotérico e o efeito retroativo do círculo exotérico alteram esses artigos de tal modo que dos fragmentos pessoais e não aditivos nascem partes aditivas e pessoais” (FLECK, 2010, p. 172). Somente no manual o estilo de pensamento se torna coercitivo, e, portanto, vai formar o "solo firme dos fatos", ou seja, "solidifica" o estilo de pensamento que depois volta aos periódicos, na parte introdutória ou conclusiva. É comum vermos em qualquer artigo dos periódicos, uma introdução ou conclusão que referencie a ciência dos manuais de alguma forma, um indício de que considera aquela posição adotada no artigo como provisória, aspirando a entrada no manual (FLECK, 2010).

É no tráfego esotérico de pensamento que se realiza os debates, as seleções e decisões daquilo que vai compor a ciência dos manuais, decidindo o que naquele momento é mais aceitável, quais conceitos e métodos serão aceitos e quais autores receberão destaque para compor a coluna central da ciência dos manuais.

Ocorre que, é possível que em algum momento não se identifique o autor de um determinado pensamento que surgiu a partir de discussões, polêmicas que pode adaptar-se e torna-se um bem comum. Este conhecimento entra na ciência dos manuais sem ter passado pela exposição fragmentada da ciência dos periódicos, tornando-se uma coerção de pensamento.

Para dar um exemplo: o conceito etiológico da entidade nosológica não nasceu de maneira imediata dos trabalhos individuais dos periódicos. Surgido em última instância dos pensamentos exotéricos (populares) e extracoletivos, obteve seu significado atual no tráfego esotérico de pensamento, formando hoje um dos conceitos básicos das ciências bacteriológicas dos manuais. Somente por meio da seleção direcionada dos respectivos exames e da composição direcionada, chegou-se até ele. Uma vez que figura nos manuais, passa a ser ensinado e geralmente utilizado, formando a coluna central do sistema – torna-se, assim, uma coerção do pensamento (FLECK, 2010, p. 175).

Esse movimento de tráfego exotérico a que Fleck se refere, considera que apenas nos manuais o estilo de pensamento se torna coercitivo, e, portanto, “mais fato”, ou seja, “solidifica” o estilo de pensamento que depois volta aos periódicos, na parte introdutória ou nas conclusões como já mencionado anteriormente. A impessoalidade do texto do manual dá a ele o esse caráter coercitivo, atribuindo assim, o papel constitutivo do manual na produção do conhecimento, dos fatos ou dos conceitos.

Em relação aos manuais escolares ou LDs, de forma bastante simples, Fleck (2010) faz apenas algumas menções sobre o mesmo, basicamente para enfatizar que o mesmo se encarrega do primeiro contato das pessoas com a ciência, a inserção das primeiras ideias. Além disso, deixa claro que o LD não possui a função de formar especialistas, este aspecto caberia à ciência dos manuais.

É necessário considerar que os LDs que circulavam na década de 1930 eram distintos do que hoje conhecemos como LD. Todavia, o que Fleck menciona sobre o mesmo em sua obra é tão geral que ainda pode ser válido. Além disso, naquele contexto de produção de sua teoria ele já diferenciava a ciência dos manuais (pertencente ao círculo esotérico e responsável por formar a coluna central dos fatos científicos vigentes que passam a dar o tom e ditar os diversos estilos de pensamento vigentes), da ciência dos livros didáticos (pertencente ao círculo exotérico, considerado uma quarta forma social de pensamento, responsável pela introdução e primeiro contato com a ciência).

No Brasil, é comum não haver grande distinção entre os manuais e LDs, já que os primeiros podem ser também LDs utilizados na educação profissional e/ou educação superior.

Já os manuais e LDs voltados para a educação básica possuem uma nova textualidade, com probabilidades menores de controle do coletivo esotérico (OLIVEIRA, 2012).

Esta distinção também foi observada por Brorson e Andersen (2001), que a partir de Fleck mencionam que livros didáticos são considerados de menor importância epistemológica do que 'vademecums' (livro de referência de uso frequente com a função de instruir o leitor). Os autores destacam ainda que, por vezes, ocorre certa ambiguidade entre os termos, devido a traduções, já que ambas correspondem à mesma palavra polonesa. O significado da palavra polonesa correspondente à livros didáticos na obra de Fleck é mais próxima de livros escolares para crianças ou alunos do ensino médio.

Fleck se preocupou também em diferenciar a ciência dos LDs da ciência popular. Sendo esta última, uma ciência para não especialistas, composta por “[...] círculos amplos de leigos adultos com formação geral. Por isso, não deve ser vista como ciência introdutória, sendo que, normalmente, não é um livro popular, mas um livro didático que cuida dessa introdução” (FLECK, 2010, p. 166).

É por meio da introdução em uma área que é possível adentrar em um estilo de pensamento. Fleck compreende ainda que os livros didáticos, são encarregados dessa iniciação em uma área, e atuam como instituição do coletivo de pesquisadores (SCHAFER; SCHNELLE, 2010).

A introdução didática, isto é, vinda de uma autoridade, não é simplesmente racional, pois o estágio momentâneo do saber permanece pouco claro sem o conhecimento da história, assim como a própria história permanece pouco clara sem o conhecimento de um estágio momentâneo. Toda introdução didática numa área envolve um tempo em que predomina um ensino puramente dogmático. Prepara-se um intelecto para uma área, acolhe-se o mesmo num mundo fechado, dá-se a ele uma espécie de bênção de iniciação. Se essa iniciação passou a ser tão difundida como, por exemplo, no caso da introdução nos fundamentos da física, ela se torna tão natural que as pessoas se esquecem de tê-la recebido, uma vez que não têm contato com nenhum não iniciado (FLECK, 2010, p. 99).

Os livros didáticos, também pertencem à história da educação, bem como à história dos livros e da leitura. Por conta de sua posição na interseção desses três campos de pesquisa que os livros didáticos são interessantes. “Na medida em que os escritores de livros didáticos estão confinados às margens das comunidades científicas e pertencem a instituições de ensino, compartilham várias culturas e estão sob fortes pressões sociais, econômicas e políticas” (BENSAUDE-VICENT, 2006, p. 668).

Nesta ótica trazida pela autora, sobre a perspectiva histórica dos LDs, ela aponta que enquanto muitos historiadores da ciência ignoraram os mesmos ao longo dos tempos por causa do abismo entre a produção e a comunicação da ciência, alguns filósofos da ciência ressaltaram sua importância, especialmente por conta deste abismo. E Fleck, já na década de 1930 considerava o LD como uma ciência responsável também pela formação e manutenção dos fatos científicos.

Gaston Bachelard, ao falar sobre (a ruptura) entre os espíritos pré-científicos e científicos, propôs que o espírito científico precisava ser "treinado em laboratórios oficiais e codificado em livros escolares". Ao trazer o contexto dos LDs de Física, por exemplo, Bachelard enfatizou que eram prescritivos e não se destinavam exatamente à transmissão da ciência, mas sim a mandamentos. Já em Thomas Kuhn temos o reconhecimento da importância dos LDs no que diz respeito à estabilização e perpetuação de paradigmas. Com uma característica extremamente conservadora, reforçava os exercícios de fazer com que os alunos resolvessem quebra-cabeças e problemas dentro de tais paradigmas. Ao apresentar os conhecimentos estabelecidos e incontestáveis, costuma eliminar a história da produção daquele conhecimento apresentando seu produto final como um acúmulo linear de fatos (BENSAUDE-VICENT, 2006).

Mesmo estes autores concordando que os LDs são cruciais para a compreensão da ciência, “[...] nenhum deles imaginou um possível impacto do público sobre o conteúdo de uma disciplina. A esse respeito, o estudo de livros didáticos nas periferias pode desempenhar um papel central” (BENSAUDE-VICENT, 2006, p. 670). Por vezes, os livros didáticos são vistos em uma esfera marginal e, geralmente, não são considerados centrais na atividade científica, vistos como o último ato existencial na ciência.

Ao serem vistos desta forma, os LDs tendem a se distanciar cada vez mais da fonte criativa do conhecimento, sendo colocados “[...] no final de uma longa cadeia de escritos decorrentes de cadernos de laboratório, passando para apresentações orais em círculos cada vez maiores para artigos de periódicos, depois para revistas populares e, finalmente, para livros didáticos” (GARCÍA-BELMAR; BERTOMEU-SÁNCHEZ; BENSAUDE-VINCENT 2005, p. 220).

Se entre a ciência dos manuais e dos periódicos há uma dependência mútua, no sentido de que se por um lado a ciência dos periódicos busca ser acolhida no manual, derivando dos estilos de pensamento dominantes, o saber dos manuais não nasce de um amontoado de

publicações dos trabalhos nos periódicos, mas depende da produção do conhecimento deste círculo para ser formulado (FLECK, 2010).

Em contrapartida, como já apontado anteriormente, a ciência popular influencia em todo este processo para validação e aceitação da formulação de conhecimentos, por meio de um movimento retroalimentativo. Nesse caminho, buscamos compreender neste capítulo, duas zonas diferentes que se cruzam, ou seja, a entrada de textos de DC no LD de Química, que possuem regras e condições de produção distintas.

Oliveira (2010) lamenta que Fleck tenha deixado de lado, em suas análises “[...] aquela forma social de pensamento materializada nos livros didáticos. Explorá-los significaria um mergulho no tráfego intraexotérico e na visão de como as diferentes instâncias dessa esfera interagem na legitimação e conformação da atividade científica” (OLIVEIRA, 2010, p.142).

Acreditamos que a perspectiva de Fleck (2010) e de alguns historiadores que se dedicam ao estudo dos LDs ao considerá-los como constitutivos da produção do conhecimento que se distancia da visão unidirecional do papel dos LDs como desenvolvida no tópico anterior a partir da Teoria de Chevallard (1991).

Portanto, acreditamos que analisar as características do fluxo/tráfego de uma forma de textualização do conhecimento científico (DC) para o LD de Química pode nos fornecer, de forma mais clara, as implicações da constituição deste texto enquanto híbrido para a compreensão dos temas, conceitos, aspectos sócio científicos nas aulas de Química, neste caso específico, sobre Radioatividade.

4.4 DISPOSITIVO ANALÍTICO

Nosso objetivo principal, neste capítulo, é analisar a entrada e alocação de textos de DC sobre radioatividade em LDs de Química, aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) do ano de 2018. Buscamos entender qual o papel da inserção de tais textos em relação ao fato científico da Radioatividade. Assim, nos apoiamos na Teoria de Fleck para realização esta análise, principalmente porque consideramos não apenas as características textuais destes textos, mas também seu papel epistemológico na relação com o fato da Radioatividade.

Entendemos, portanto, que essa forma de *textualização* do fato científico da Radioatividade pela DC, implica para nós necessariamente, o encontro ente linguagem (em sua forma textual) e dimensão epistemológica. Assim, é necessário levar em conta estes dois aspectos em nossas análises:

1-Características textuais dos textos de DC: buscamos analisar o que acontece com o texto propriamente dito quando o mesmo é inserido no LD. Quais os principais assuntos abordados nestes textos, qual a sua forma de entrada e a alocação no LD, ou seja, se o mesmo está inserido em boxes, exercícios, quadros, imagens, etc. e ainda quais as fontes dos mesmos.

2-Papel epistemológico deste hibridismo textual: como já explicitado anteriormente, a construção, manutenção e transformação de um fato científico implica tráfegos intra e intercoletivo que se dão por meio de diferentes textualizações constitutivas neste processo. Sendo que uma destas formas, seria a ciência popular. Diante disto, neste tópico analisamos qual o papel epistemológico da entrada de textos de DC (que se configuram parte da ciência popular a qual Fleck define) em relação ao fato da Radioatividade.

Vale a pena considerar, que os LDs selecionados apresentam certa regularidade em relação à forma de entrada dos textos de DC, por isso, selecionamos duas das cinco coleções aprovadas para realizar a análise. Tal seleção se justifica pela quantidade de textos de DC encontrados na totalidade, 37 textos, o que dificulta uma análise mais aprofundada de cada um deles. Assim, selecionamos as coleções de Lisboa (2016) e Novais e Antunes (2016), que são as coleções que apresentam a maior quantidade de textos de DC inseridos de formas diversificadas, ampliando deste modo as possibilidades de olhar para além de suas características textuais, mas também seu papel epistemológico na relação com o fato da radioatividade. Ressaltamos que uma das coleções, Lisboa (2016) foi a mais escolhida por professores e adotada no Ensino Médio no que diz respeito a disciplina de química na rede pública de ensino do Brasil, de acordo com dados do PNLD 2018.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como já vimos, segundo Fleck (2010) diferentes textos participam de um estilo de pensamento e formulam os fatos científicos de diferentes formas, o que estamos compreendendo como textualização. Entre estas textualizações está a ciência popular e a DC que compõe o hibridismo do LD de Química. Mas, qual a forma de entrada destes textos nos LDs? Como já justificado na metodologia organizamos nossa análise a partir deste aspecto para analisar as características dos textos, os efeitos sobre a radioatividade enquanto fato científico, que são produzidos pela sua textualização no encontro entre LD e texto de DC e, ainda, o papel epistemológico deste texto ligado ao fato da radioatividade.

Diante da figura é possível observar a quantidade e as diferentes formas de entrada destes textos nos LDs, que já foram abordadas no capítulo anterior, mas que agora estão voltadas somente para os textos provenientes da ciência popular e DC, principal objeto de pesquisa desta tese.

Figura 20 - Quantidade e forma de inserção dos textos de divulgação da ciência nos livros didáticos selecionados

Novais e Antunes (2016): 6 Lisboa (2016): 5	<ul style="list-style-type: none"> • Textos de DC que entraram nos LDs na forma de exercícios no decorrer ou no final do capítulo;
Novais e Antunes (2016): 5	<ul style="list-style-type: none"> • Textos de DC (em forma escrita ou imagética) que se inseriram nas explicações ao longo do capítulo;
Novais e Antunes (2016): 2 Lisboa (2016): 5	<ul style="list-style-type: none"> • Textos de DC que foram alocados nos LDs por meio do destaque em boxes e/ou quadros.

Fonte: elaborado pela autora

4.5.1 Textualização do fato da radioatividade pela entrada e alocação da divulgação científica no livro didático na forma de exercícios

Nos quatro exemplos a seguir, sobre as entradas do texto de DC no LD por meio de exercícios observamos que há uma função epistemológica de fortalecer o fato científico da radioatividade, por meio de tráfegos intracoletivos de pensamento. Tais textos estabelecem relações entre a radioatividade e outros fatos científicos associados a ela, como a identificação de isótopos radioativos, tempo de meia vida, transmutação natural, lei de emissões radioativas, propriedades de alguns isótopos radioativos como o radônio-222 e césio-137 e o equacionamento de decaimentos radioativos. Todavia, tais tráfegos também estabelecem relações com fatos sociais, como feridos pela explosão da bomba atômica em Hiroshima e questões éticas associadas ao trabalho do cientista no desenvolvimento de bombas (como discutimos nos dois últimos exemplos da primeira coleção analisada). Apresentamos a seguir os detalhes de cada caso.

Iniciando a análise pelo volume três do LD da *Coleção Vivá* (NOVAIS; ANTUNES, 2016) temos o texto de DC “*RMB e a produção de Radiofármacos*”³⁰, que trata dos seguintes assuntos: os setores da medicina nuclear que utilizam radiofármacos para diagnósticos e terapias; diferenciação de grupos de radiofármacos a partir de seu decaimento radioativo; questões sobre a relação entre as unidades produtoras de radiofármacos da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e a prestação de serviços a seus clientes e a possível independência de produção de radiofármacos no Brasil a partir da implementação do reator multipropósito brasileiro, prevista para o ano de 2021. Reforça-se neste texto uma aplicação da radioatividade na sociedade associada à medicina. O exemplo desta inserção pode ser visto na figura a seguir:

³⁰ A fonte da versão completa do texto de DC não se encontra mais disponível.

Figura 21 - Texto de DC sobre radiofármacos inserido no livro didático

4. Leia o texto a seguir e responda ao que se pede:

O setor de medicina nuclear do país, cujos procedimentos para diagnóstico ou terapia utilizam radiofármacos, conta com 432 serviços de medicina nuclear (SMN) distribuídos por todo o território brasileiro. Os radiofármacos fornecidos pela CNEN [Comissão Nacional de Energia Nuclear] propiciam a realização de aproximadamente um milhão e meio de procedimentos de medicina nuclear por ano, sendo que aproximadamente 30% contam com cobertura do Sistema Único de Saúde (SUS).

O portfólio de produtos da CNEN conta atualmente com 38 (trinta e oito) radiofármacos fornecidos para a área médica [...] iodo-123, iodo-131, cromo-51, flúor-18, samário-153, índio-111 e lutécio-177 [...].

A principal unidade produtora da CNEN é o IPEN, localizado em São Paulo, que produz atualmente 38 diferentes radiofármacos [...]. O IEN, localizado no Rio de Janeiro, produz o FDG-18F, iodo-123 ultra-puro [...]; o CDTN, em Belo Horizonte, produz o FDG-18F e Na18F; e o CRCN-NE, em Recife, produz [...] o FDG-18F. Além desses, o IPEN fornece fios de irídio-192 e sementes de iodo-125, ambos utilizados em tratamentos oncológicos, por meio de procedimentos de braquiterapia. [...]

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). *Produção de radiofármacos*. Disponível em: <<http://www.cnem.gov.br/radiofarmacos>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

- Esclareça qual é o significado dos números indicados após o nome dos elementos iodo, cromo, flúor, samário, índio, lutécio e irídio.
- Use a notação ${}^A_Z\text{E}$ para representar todos os radioisótopos mencionados nesta seção. Consulte a Tabela Periódica no final do livro para indicar os números atômicos e os símbolos dos elementos.
- Explique com suas palavras o significado do termo **radiofármaco**.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 19)

A partir dos trechos deste texto, acreditamos que o papel associado ao fato de radioatividade foi o de explorar, a partir de um caso prático, alguns conceitos como o significado dos números indicados após o nome dos elementos que representam neste caso isótopos radioativos, como: “*iodo-123, iodo-131, cromo-51, flúor-18, samário-153 [...]*”. A partir disto, conceitos como representação dos radioisótopos, *identificação de números atômicos e os símbolos dos isótopos radioativos* de alguns elementos químicos foram explorados a partir das questões colocadas após o texto, além da definição de radiofármaco que pode ser encontrada no próprio texto de DC.

Além disso, a forma do texto de DC como enunciado de exercício é uma prática escolar já comum e popularizada por provas de vestibulares e avaliações como o ENEM. Este fator é relevante dado o grande número de textos de DC que se materializaram no LD por meio de exercícios e questões.

Outro texto de DC, inserido no LD “*Maior acidente radiológico do mundo, césio-137 completa 26 anos*³¹”, apresentou uma discussão sobre o contexto do acidente envolvendo material radioativo ocorrido em Goiânia no ano de 1987. O texto aponta vários aspectos que

³¹ A versão completa do texto pode ser consultada em: <http://g1.globo.com/goias/noticia/2013/09/maior-acidente-radiologico-do-mundo-cesio-137-completa-26-anos.html>

tornaram este assunto tão polêmico e preocupante na época, como a contaminação de várias pessoas ao manusear uma cápsula contendo céσιο-137 (metal radioativo) por desconhecerem as propriedades deste material e as implicações que o mesmo poderia trazer. A forma de sua inserção pode ser vista na figura a seguir.

Figura 22 - Texto de DC sobre o acidente com céσιο-137 inserido no livro didático

3. Em 13 de setembro de 1987, ocorreu em Goiânia (GO) o maior acidente envolvendo material radioativo no Brasil. Na tragédia, quase 1000 pessoas foram contaminadas pelo radioisótopo e quatro delas faleceram em decorrência da exposição. Leia o texto a seguir sobre esse trágico episódio.

[...]

A tragédia começou quando dois jovens catadores de materiais recicláveis abrem um aparelho de radioterapia em um prédio público abandonado, no dia 13 de setembro de 1987, no centro de Goiânia. Eles pensavam em retirar [...] o metal para vender e ignoravam que dentro do equipamento havia uma cápsula contendo céσιο-137, um metal radioativo.

Apesar de o aparelho pesar cerca de 100 kg, a dupla o levou para casa de um deles, no centro. Já no primeiro dia de contato com o material, ambos começaram a apresentar sintomas de contaminação radioativa, como tonteadas, náuseas e vômitos. Inicialmente, não associaram o mal-estar ao céσιο-137, e sim à alimentação.

Depois de cinco dias, o equipamento foi vendido para [...], dono de um ferro-velho localizado no Setor Aeroporto, também na região central da cidade. Neste local, a cápsula foi aberta e, à noite, [...] [o dono] constatou que o material tinha um brilho azul intenso e levou o material para dentro de casa.

[O dono], sua esposa [...] e outros membros de sua família também começaram a apresentar sintomas de contaminação radioativa, sem fazer ideia do que tinham em casa. Ele continuava fascinado pelo brilho do material. Entre os dias 19 e 26 de setembro, a cápsula com o céσιο foi mostrada para várias pessoas que passaram pelo ferro-velho e também pela casa da família. [...]

G1 GOIÁS. Maior acidente radiológico do mundo, céσιο-137 completa 26 anos, 13 set. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/goias/noticia/2013/09/menor-acidente-radiologico-do-mundo-cesio-137-completa-26-anos.html>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

- a) Considere que cerca de 90 g de cloreto de céσιο-137 ($^{137}\text{CsCl}$) se encontrava na cápsula violada no acidente. Se a meia-vida do isótopo de céσιο-137 é de 30 anos, estime aproximadamente quantos anos serão necessários para que a massa de cloreto de céσιο-137 seja inferior a 1 g.

- b) Materiais como cápsulas e equipamentos que utilizam compostos radioativos devem apresentar um símbolo que identifique o risco de manusear o produto (produtos inflamáveis e corrosivos, por exemplo, apresentam, respectivamente, os símbolos ao lado). Qual é o símbolo utilizado para produtos radioativos? Pesquise em sites e livros, caso seja necessário.



Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 21)

O texto de DC foi inserido na forma de exercícios por meio de alguns trechos, logo após as explicações do tópico sobre meia-vida. Ao ser inserido desta forma, a leitura será direcionada involuntariamente para responder as questões solicitadas. Como, por exemplo, a publicação original deste texto, não aborda sobre meia vida dos elementos radioativos, mas estava focada em destacar os 26 anos passados do acidente e ao fato de ser o maior acidente

radiológico já registrado, frisando os aspectos contextuais em que ocorreu, os principais impactos na vida das pessoas envolvidas, algumas negligências de setores públicos, ou seja, explorou as questões mais sociais, políticas e econômicas relacionadas a este fato.

Todavia, ao entrar na forma de exercício, a questão não apresenta a radioatividade diretamente, mas de outro fato relacionado a ela, neste caso a meia vida. No texto de DC não há a menção do termo meia vida, somente da cápsula contendo cézio-137, um metal radioativo. Desta forma, houve o direcionamento para estimar quantos anos seriam necessários para que os 90 g de cloreto de cézio-137 presente na cápsula violada se tornassem inferior a 1g. É importante considerar, que o fato científico da meia vida está relacionado com o fato da radioatividade, isto porque a meia vida se configura como o tempo necessário para que os elementos radioativos se desintegram pela metade do número inicial de núcleos, assim, a quantidade de energia emitida por ele, por conta da radioatividade, também é reduzida.

Já na segunda questão, que envolve este mesmo texto foi solicitado uma pesquisa para visualizar qual símbolo é utilizado para indicar o risco de manusear produtos radioativos. Podemos apontar que neste momento, novas representações podem ser formadas com o conhecimento deste símbolo. Por exemplo, se os catadores daquela época tivessem conhecimento deste símbolo, este episódio poderia ser evitado? Ou ainda, será que o equipamento continha este símbolo? Podemos enfatizar assim, que tais questões parecem instaurar uma relação entre o leitor e o fato científico em sua existência social, cultural, política e econômica.

O texto de DC “Escola Radioativa³²” apresenta uma notícia veiculada por um jornal em 1996 na França referente ao fechamento de uma escola infantil. A questão sobre o movimento para fechar este estabelecimento, decorre do fato de que a escola foi construída no terreno onde Marie Currie realizou seus experimentos de extração de rádio e, após testes foram detectados níveis altos de radônio no local. A polêmica trazida apresentou a grande insistência dos pais para fechar a escola, mesmo que os cientistas enfatizassem que depois das medidas de segurança tomadas, não traria problemas nocivos à saúde de seus filhos. Na figura 23 apresentamos tal inserção:

³² A versão completa do texto pode ser consultada em:
<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/1996/5/03/mundo/7.html>

Figura 23- Texto de DC sobre a interdição de uma escola na França

Atividades

1. Notícia veiculada por um jornal de grande circulação em maio de 1996 referia-se a uma escola infantil construída em 1969 no terreno onde funcionara o laboratório de Marie Curie. A escola fora interditada devido à detecção de níveis preocupantes de gás radônio. Para resolver o problema foram vedadas rachaduras existentes no concreto do depósito de lixo sob o prédio e instalaram-se novos equipamentos de ventilação. Apesar dessas providências e das garantias dos cientistas de que tudo está sob controle, alguns pais continuaram inseguros. A escola acabou sendo fechada em 1998.

Fonte: FRANCESES querem fechar "escola radioativa". *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 3 maio 1996. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/1996/5/03/mundo/7.html>>. Acesso em: 10 fev. 2016

a) No depósito estavam armazenados resíduos do elemento rádio, usado no laboratório de Curie. Explique, por meio de equação, como se formou o gás radônio.

b) Comente o efeito das duas providências tomadas para resolver o problema.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 38)

A partir das questões sobre o texto, algumas discussões se relacionam com o fato da radioatividade. No item (a.) esta relação está ligada mais fortemente a outros fatos científicos, mas que se relacionam de alguma maneira com a radioatividade, pois ao elaborar a equação de formação do gás radônio a partir do rádio aprofunda-se o fato de *transmutação natural*, ou seja, processo que dá origem a um novo elemento químico espontaneamente na natureza.

Já no item (b.) é preciso voltar ao texto de DC para analisar quais foram as medidas tomadas para este caso, quais sejam, vedar as rachaduras existentes no concreto do depósito de lixo sob o prédio e a instalação de equipamentos de ventilação no local. Esta questão está ligada à compreensão das *propriedades do gás radônio* e como o mesmo, por meio de uma concentração considerável, ocasiona uma contaminação radioativa. As partículas alfa emitidas pelo radônio são ionizantes, mas tem pouco poder de penetração, não sendo capazes de atravessar a nossa pele, no entanto, ao inalar o gás, esse baixo poder de penetração converte-se em um problema, já que as partículas não conseguem escapar de nosso corpo, se depositando em nossos pulmões levando ao câncer pulmonar.

O isótopo ^{222}Rn é um gás nobre radioativo e responsável por aproximadamente metade das doses de radiação de ocorrência natural conhecidas. Além disso, por ser um gás, o radônio produzido no interior de rochas e solos se difunde facilmente por meio de fissuras, tubulações, buracos e lençóis freáticos até alcançar a superfície terrestre. Assim, a incidência é maior em locais pouco ventilados (GERALDO, et al. 2005). Este fator foi determinante para que houvesse o registro de altos índices de radônio na escola.

Outra inserção da DC foi o texto intitulado: “*Japoneses encontram o elemento 113 da tabela periódica*”³³, tal texto teve como principal assunto a associação da quantidade de prótons do núcleo com seu alto nível de radioatividade, apresentando o decaimento do elemento 113 até chegar no Mendelévio de número atômico 101 [“*O 113, uma vez sintetizado, se transformou- ou decaiu- seis vezes (no 111, depois no 109, 107, 105, 103 e, por fim, no Mendelévio, de número atômico 101*”)]. Há também a discussão sobre o contexto de produção deste elemento 113 em um acelerador de partículas destacando a importância da realização de testes por outros laboratórios para comprovação de tal descoberta e, por fim, aborda a necessidade de utilizar os reatores nucleares e aceleradores de partículas para produzir elementos com núcleos superpesados que não são encontrados na natureza. Na sequência, a figura 24 representa a forma de alocação deste texto.

Figura 24 - Texto de DC sobre a descoberta do elemento químico 113 inserido no livro didático

2. Leia o texto a seguir e responda ao que se pede:

[...] Para fabricar o elemento 113, a equipe coordenada pelo cientista Kosuke Morita usou um acelerador de partículas. Milhões de partículas do elemento zinco, que tem 30 prótons no seu núcleo, foram arremessadas contra uma chapa metálica contendo bismuto (83 prótons). O acelerador fez com que o zinco viajasse a 10% da velocidade da luz, único jeito de vencer a rejeição que dois núcleos repletos de cargas positivas têm um sobre o outro. “O choque precisa gerar mais energia do que eles gastam tentando se repelir [...]”. Como resultado, alguns núcleos de zinco e de bismuto se uniram, dando origem ao efêmero elemento de número atômico 113. [...]

Para receber o carimbo da comissão conjunta da Iupac [União Internacional de Química Pura e Aplicada] e da Iupap [União Internacional de Física Pura e Aplicada], o mesmo experimento terá de ser repetido por outros laboratórios. Se o resultado for semelhante ao obtido pelo instituto japonês, o país ganha o direito de batizar o novo elemento. Neste ano, por exemplo, as entidades aprovaram os testes realizados por um grupo de pesquisa formado por americanos e russos, que nomearam de fleróvio e livermório os números 114 e 116 da Tabela Periódica, achados um ano antes.

CARVALHO, R. Japoneses encontram o elemento 113 da Tabela Periódica. *Veja*. São Paulo, 26 set. 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/japoneses-encontram-o-elemento-113-da-tabela-periodica>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

- Faça uma pesquisa na internet sobre o elemento de número atômico 113 e liste os isótopos formados pelo seu decaimento.
- Um dos isótopos naturais do radônio é o ^{222}Rn . Ele é um dos membros de uma série radioativa conhecida como “família do urânio”. Essa série, que se inicia com o ^{238}U , passa pelo ^{234}Th , ^{234}Pa , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn ... ^{206}Pb . Equacione os processos radioativos que levam à formação do ^{222}Rn a partir do urânio-238.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 39)

³³ A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/japoneses-encontram-o-elemento-113-da-tabela-periodica/>

Os trechos deste texto, inseridos neste exercício permitem a partir de um exemplo prático entender quais os isótopos são formados no *decaimento* deste elemento químico (essa informação está presente no texto de DC original, mas suprimida no LD que aparece como uma questão). A outra questão solicita o *equacionamento dos processos radioativos* que levam a formação do radônio-222 (^{222}Rn) a partir do urânio-238 (^{238}U).

A partir deste exemplo, o texto contribui para fortalecer o sentido de que a partir de processos de decaimento radioativo um elemento pode formar outro com número atômico diferente, ou seja, há a ligação aqui entre dois fatos ou mais fatos: *radioatividade, decaimento e transmutação*.

Todo tráfego de pensamento intracoletivo (*intrakollektiven Denkverkehr*), portanto, é dominado por um sentimento específico de dependência. A estrutura geral do coletivo de pensamento faz *com que o tráfego intracoletivo de pensamento – pelo fato sociológico em si, sem consideração pelo conteúdo e pela legitimação lógica – leva ao fortalecimento das formações de pensamento (Denkgebilde):* a confiança nos iniciados, a dependência por parte destes da opinião pública, a solidariedade intelectual dos pares, que estão a serviço da mesma ideia, são forças sociais alinhadas que criam uma atmosfera comum específica, proporcionando às formações de pensamento solidariedade e adequação ao estilo numa medida cada vez maior. (FLECK, 2010, p. 158).

É como se tais textos mostrassem a existência do fato da radioatividade em diferentes contextos, fortalecendo assim a sua legitimação. “Nunca um fato é completamente independente de outros: ou se manifestam como um conjunto mais ou menos coeso do sinal particular, ou como sistema do conhecimento que obedece a leis próprias” (FLECK, 2010, p.171). Há em cada tráfego intracoletivo de pensamento um sentimento de dependência, levando ao fortalecimento das formações de pensamento: “[...] a confiança nos iniciados, a dependência por parte destes da opinião pública, a solidariedade intelectual dos pares, que estão a serviço da mesma ideia, são forças sociais alinhadas que criam uma atmosfera comum específica” (SCHAFER; SCHNELLE, 2010, p. 26). Essa dependência leva à formações de pensamento uma maior adequação ao estilo, ganhando maior estabilidade e coesão social. Assim, “[...] os coletivos do pensamento constroem sistemas de opinião que reclamam para si a explicação ampla de seu objeto de estudo. Quanto mais fortes esses estilos de pensamento, tanto mais sugestivo seu poder sobre os membros do coletivo.” (SCHAFER; SCHNELLE, 2010, p. 26).

Estes tráfegos intracoletivos ocorrem também pelo hibridismo das entradas da DC nos LDs, pela associação com fatos sociais. Nestes casos, que são analisados a seguir, os fatos

sociais são muito mais evidentes e a relação com o fato científico do campo da física e da química, ficam menos aparentes, mas permanecem implicitamente, orquestrados pela estrutura do livro, pelo fato de que tudo faz parte do mesmo capítulo ou tópico.

No texto de DC, “*Trecho de Hiroshima de John Hersey*”³⁴, há um breve relato de um médico, sobrevivente dos efeitos causados pela bomba atômica lançada em Hiroshima ao chegar no hospital em que trabalhava. Havia muitas vítimas e feridos que chegavam a todo momento e se aglomeravam em diversos locais do hospital que não comportava tantas pessoas, um caos com muito sofrimento e dor. Na sequência, a figura 25 exemplifica essa entrada.

Figura 25 - Texto de DC sobre o relato de um médico sobre os feridos em decorrência dos efeitos da bomba atômica em Hiroshima

O fragmento abaixo faz parte de um livro-reportagem escrito pelo jornalista americano John Hersey em 1946. O livro *Hiroshima* é composto basicamente de entrevistas com seis sobreviventes da bomba atômica, que relatam suas lembranças do acontecimento.

O jovem cirurgião trabalhava sem método, tratando primeiro dos que estavam mais próximos, e logo constatou que o corredor se apinhava cada vez mais. Em meio às escoriações e aos cortes apresentados pela maioria das vítimas que se encontravam no hospital, começou a deparar-se com queimaduras pavorosas. Compreendeu então que feridos de fora chegavam sem parar. E eram tantos que ele resolveu deixar de lado os casos de menor gravidade [...]. Em pouco tempo, havia pacientes deitados e agachados nas enfermarias, nos laboratórios, nos quartos e demais dependências, nos corredores, nas escadas, no saguão, no pórtico, nos degraus do pórtico, na entrada de veículos, no pátio, nas ruas vizinhas. [...] Um número enorme de estudantes procurava o hospital. Numa cidade de 245 mil habitantes, cerca de 100 mil haviam morrido ou iriam morrer em breve; outros 100 mil estavam feridos. Pelo menos 10 mil feridos se arrastaram até o melhor hospital de Hiroshima, que não tinha condições de abrigá-los, pois contava apenas 600 leitos e já estavam ocupados. A multidão que se aglomerava no interior do hospital chorava.

AGÊNCIA Estado, 9 set. 2002. Disponível em: <<http://cultura.estadao.com.br/noticias/geral,leia-trecho-de-hiroshima-de-john-hersey,20020909p2550>>. Acesso em: 11 fev. 2016.

- a) Para dar ideia da grande quantidade de feridos que chegava ao hospital, o jornalista enumera os lugares onde eles se aglomeravam. Quais eram esses lugares?
- b) O fragmento transcrito não menciona a faixa etária dos feridos. No entanto, podemos afirmar que havia um grande número de jovens entre eles. Localize o trecho que nos permite fazer essa afirmação.
- c) Escreva um parágrafo relacionando o texto acima com esta frase do físico alemão Albert Einstein (1879-1955):

“o acidente de adquirir autoridade por meio do estudo do reino natural deu-me uma terrível e fascinante responsabilidade sobre o reino social”.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 39-40)

³⁴ A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://cultura.estadao.com.br/noticias/geral,leia-trecho-de-hiroshima-de-john-hersey,20020909p2550>

A partir deste texto, percebemos que a relação com o fato da radioatividade é menos explícita, ressaltando o fato social dos efeitos causados pela detonação da bomba atômica na cidade de Hiroshima, Japão. A mediação por meio das perguntas realizadas possui o objetivo de extrair informações do próprio texto para respondê-las como, por exemplo: *“para dar ideia da grande quantidade de feridos que chegava ao hospital, o jornalista enumera os lugares onde se aglomeravam. Quais eram esses lugares?”*

É comum em textos de DC, que circulam na mídia, trazerem algum tipo de apelo, como neste caso, as mortes e feridos, por exemplo, que também são fatos, mas fatos sociais e/ou políticos. No entanto, mesmo este texto de DC tendo uma relação mais evidente com o fato social, implicitamente ele possui relação com o fato científico da radioatividade, uma vez que tais mortes e ferimentos são resultados dos efeitos que a radiação ocasionada pela explosão da bomba ocasiona no ser humano.

Na sequência, há a inserção de um texto de DC, *“A crítica da razão pura”*³⁵, que traz a discussão sobre a postura e participação de Edward Teller na construção das bombas atômicas utilizadas em Hiroshima e Nagasaki e de Andrei Dmitrievitch Sakharov na construção da bomba de hidrogênio russa. O exemplo deste tráfego textual pode ser visto na figura a seguir.

³⁵ A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-critica-da-razao-pura/>

Figura 26 - Texto de DC sobre a atuação de dois cientistas na construção de armas nucleares

5. Edward Teller (1908-2003) foi um físico húngaro naturalizado norte-americano que participou da construção das bombas atômicas utilizadas em Hiroshima e Nagasaki. Veja o que ele diz sobre o desenvolvimento de armas nucleares:

[...] Nunca me interessei em ver fotos dos impactos em Hiroshima e Nagasaki. O meu trabalho era construir a bomba, fazer a ciência progredir. O que se fez com as minhas descobertas não me diz respeito. [...] Eu acredito que a beleza da ciência não deve conhecer limites. Não temos de nos preocupar com política, dinheiro ou mesmo questões éticas. Nosso dever como cientistas é descobrir sempre mais. Mas reconheço que o saber sem moral é incompleto, assim como moral sem ciência de pouco vale [...]

Agora, leia o trecho a seguir, que trata de outro físico que trabalhou no desenvolvimento de armas nucleares para a antiga União Soviética na mesma época.

[...] Nascido em Moscou em 1921, filho de um cientista, Andrei Dmitrievitch Sakharov, como Teller, também acreditava na necessidade de não se limitar o conhecimento e o saber. [...] ele desenhou a bomba de hidrogênio russa [...] e o artefato foi detonado [...] em 1953. Sakharov não gostou do que viu. Pela primeira vez, o cientista “teórico puro” deu lugar ao cidadão que põe em xeque o valor moral de suas invenções. [...]

A consciência dos atos ocorreu num crescendo. Em 1957, começou a investigar os danos biológicos dos testes nucleares e escreveu um artigo alertando para os efeitos da radiação mesmo que de nível pouco elevado. Segundo ele, a detonação de uma bomba de um megaton causaria a morte, por câncer, de 10 mil pessoas que nem sequer saberiam o que lhes provocara a doença fatal. Mais tarde, em 1968, foi ainda mais desafiador com o panfleto *Reflexões sobre o Progresso, a Coexistência Pacífica e a Liberdade Intelectual*, em que atacava duramente o sistema político soviético e exigia que a ciência se preocupasse com o futuro das gerações. [...]

PESQUISA Fapesp. Ed. 79, set. 2002. *A crítica da razão pura*. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2002/09/01/a-critica-da-razao-pura/>>. Acesso em: 11 fev. 2016.

Você concorda com a ideia de que os cientistas não devem se preocupar com questões éticas? Justifique sua resposta.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 40)

O texto apresenta a clara distinção entre os cientistas em relação ao posicionamento sobre seu trabalho. A partir do depoimento de Edward Teller, “*Nunca me interessei em ver fotos dos impactos em Hiroshima e Nagasaki. O meu trabalho era construir a bomba, fazer a ciência progredir. O que se fez com as minhas descobertas não me diz respeito*”. (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 40). E, posteriormente, sobre Sakharov apontando que “[...] *ele desenhou a bomba de hidrogênio russa [...] e o artefato foi detonado [...] em 1953. Sakharov não gostou do que viu. Pela primeira vez, o cientista “teórico puro” deu lugar ao cidadão que põe em xeque o valor moral de suas invenções*”. (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 40). O texto acrescenta ainda que o cientista começou a investigar os danos biológicos de testes nucleares, alertando a população em geral, sobre os efeitos da radiação mesmo que em baixos níveis.

Acreditamos que as relações que o texto possibilita fazer com a radioatividade são indiretas estando ligadas a outros fatos, no caso a construção de bombas e impactos na saúde das pessoas, como câncer, por exemplo. Todavia, tal impacto está associado à radiação eletromagnética que as explosões gerariam a partir de elementos radioativos no interior desta bomba. Há desta forma, a possibilidade de reforçar a radioatividade enquanto fato científico, na medida em que apresenta o funcionamento de uma bomba e seus efeitos.

No entanto, a partir da mediação do texto, pela sua alocação como exercício, tais aspectos não são explorados e há uma preocupação maior em discutir sobre os valores na ciência, como pode ser observado na seguinte questão: *Você concorda com a ideia de que os cientistas não devem se preocupar com questões éticas? Justifique sua resposta.* Não julgamos ser menos importante explorar esta questão, porém enfatizamos mais um caso em que a mediação proposta no LD traz outra conexão que reforça o fato científico e o estilo de pensamento, agora numa conexão com questões éticas e políticas.

Certamente que, os fatos científicos não se restringem aos laboratórios. Sua existência é social, pelas conexões com impactos e desdobramentos de natureza ética, tecnológica, política, econômica.

Em relação ao conjunto de textos de DC que analisamos no volume dois da coleção **Coleção Ser Protagonista**, Lisboa (2016), em cinco momentos houve a inserção dos mesmos na forma de exercícios. Como discutido na análise do LD anterior, entendemos estas entradas como tráfegos intracoletivos de pensamento reforçando assim o estilo de pensamento. Novamente, enfatizamos o sistema emaranhado dos fatos científicos de modo que depende também de outros fatos científicos, além dos fatos sociais.

Por isso, cada fato repercute retroativamente em outros, e cada mudança, cada descoberta exerce um efeito em um campo que, na verdade, não tem limites: um saber desenvolvido, elaborado na forma de um sistema harmonioso, possui a característica de cada fato novo alterar todos os anteriores, por menor que seja essa alteração. Nesse caso, cada descoberta é, na verdade, a recriação do mundo inteiro de um coletivo de pensamento (FLECK, 2010, p. 153).

Observamos que o tráfego textual da DC para a forma de exercícios neste LD apresenta outros fatos científicos que estão relacionados ao fato da radioatividade, como, por

exemplo: *meia vida, grupo dos actínideos, decaimento radioativo, elementos transurânicos e isótopos radioativos*. Apresentamos a seguir cada tipo de inserção, com maiores detalhes.

O primeiro caso aparece com o título “*Propriedades dos radionuclídeos: grupo dos actínideos*”, como na maioria das vezes este texto também é organizado por meio de trechos de sua versão completa,³⁶ como pode ser visto na figura 27 a seguir.

Figura 27 - Texto de DC sobre as propriedades dos radionuclídeos inserido no livro didático

<p>Leia atentamente o texto proposto a a seguir e com base nele e nos seus conhecimentos de Química, responda às questões 12 a 15.</p> <p>Propriedades dos radionuclídeos: grupo dos actínideos</p> <p>O grupo dos actínideos inclui os elementos naturais actínio (Ac), tório (Th), protactínio (Pa) e urânio (U), além dos elementos transurânicos, produzidos pelo bombardeamento do urânio com nêutrons. Todos os actínideos são radioativos, e seus tempos de meia-vida variam bastante. Alguns isótopos do Ac, Th, Pa e U são produtos do decaimento do ^{235}U [...], ^{238}U e ^{232}Th. A maioria dos actínideos normalmente se acumula nos solos e sedimentos e expõe os seres vivos à radiação natural por processos geológicos (como erosão) e algumas vezes por lixiviação. Os actínideos emitem partículas alfa, aumentando o risco de irradiação interna quando [...] são ingeridos. O urânio (homenagem ao planeta Urano) é o elemento químico natural de maior número atômico ($Z = 92$). Acredita-se que seja o produto do decaimento de elementos de números atômicos ainda mais elevados, que existiram em alguma época no Universo. À temperatura ambiente, o urânio encontra-se no estado sólido. Sua utilização na forma natural data de 79 D.C., quando artesãos aplicavam esse metal na superfície de vidros e cerâmicas, como um corante para obtenção da cor amarela.</p> <p>AQUINO, K. A. S.; AQUINO, F. S. <i>Radioatividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza</i>. São Paulo: SBQ, 2012 (Coleção Química no Cotidiano). Disponível em: <https://www.ufpe.br/cap/images/quimica/katiaaquino/3anos/complementar/08colaigradiao.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2016.</p>	<p>12. As autoras do texto afirmam que os elementos actínio, tório, protactínio e urânio podem ser obtidos a partir do decaimento de urânio e tório. Pesquise em páginas confiáveis na internet (as de universidades e instituições, por exemplo), bem como em livros e revistas que abordem radioatividade, algumas das reações possíveis para que tais elementos sejam obtidos. Escreva essas reações em seu caderno.</p> <p>13. Além dos elementos citados no texto, consulte uma Tabela Periódica (pode ser a da página 105 do capítulo 6 do volume 1 desta coleção) e indique quais outros actínideos classificados como transurânicos podem existir.</p> <p>14. As autoras do texto também explicam que o tempo de meia-vida dos actínideos muda bastante. Pesquise na internet, em livros e revistas especializados em radioatividade, qual dentre eles tem o menor tempo de meia-vida.</p> <p>15. O texto informa que “Os actínideos emitem partículas alfa, aumentando o risco de irradiação interna quando [...] são ingeridos.”. Como você compara a periculosidade de emissão dessas partículas em relação às partículas beta e gama?</p> <p>16. A busca da síntese de novos elementos químicos é constante no meio científico. O “eka-chumbo”, elemento sintético transurânico e radioativo, assim apelidado por ter propriedades parecidas com as do chumbo, foi sintetizado em 1999 por cientistas russos. A Iupac determinou que esse elemento químico de número atômico 114, obtido por meio da reação entre plutônio (^{249}Pu) e cálcio (^{48}Ca), deveria ser chamado de fleróvio. Determine qual será o número de massa desse elemento, sabendo que há emissão de três nêutrons para que sua formação seja possível.</p>
---	---

Fonte: Lisboa (2016, p. 255)

Este texto foi retirado de um livro intitulado “*Radioatividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza*”, o trecho inserido no LD faz parte do capítulo 3 referente ao tópico sobre o grupo dos actínideos. Os principais assuntos selecionados para compor o enunciado do exercício, foram que todos os elementos que compõem o grupo dos actínideos

³⁶ A versão completa do texto pode ser consultada em: <http://edit.s bq.org.br/anexos/radioatividade-meio-ambiente.pdf>

são radioativos, com tempo de meia vida variáveis. Há menção de que a maior parte dos actínídeos se acumula no solo e sedimentos e são responsáveis por expor os seres humanos à radiação natural devido a processos geológicos, como erosão e lixiviação. Por fim, destaca que alguns isótopos de actínio, tório, protactínio e urânio podem ser obtidos a partir do decaimento do urânio-235 (^{235}U), urânio-238 (^{238}U) e tório-232 (^{232}Th). Sendo o urânio o elemento químico natural com maior número atômico.

Na sequência do texto foram propostas cinco questões como mediação que expomos de forma sintética: pesquisa sobre as reações possíveis para que tais elementos sejam obtidos; consulta a tabela periódica para indicar quais outros actínídeos classificados como transurânicos podem existir; comparação entre a periculosidade da emissão de partículas alfa (que segundo informação do texto de DC são emitidas aumentando o risco de irradiação interna) em relação as partículas beta e radiação gama; pesquisa sobre o tempo de meia vida dos actínídeos citados no texto de DC e, por fim, solicita qual o número de massa do o eka-chumbo, um elemento sintético, transurânico e radioativo que foi obtido por meio da reação entre o plutônio e cálcio, com emissão de três nêutrons.

A mediação das questões propostas a partir do uso do texto de DC como enunciado permitem estabelecer algumas conexões com outros fatos científicos relacionados ao fato da radioatividade. Assim, por meio das questões propostas, há um direcionamento retomando informações contidas no texto de DC para reforçar conceitos já trabalhados. Os fatos científicos associados à radioatividade que foram explorados consistem no entendimento das *reações de decaimento radioativo, tempo de meia vida, as características das partículas emitidas pelos actínídeos (elementos radioativos) como as partículas alfa e beta e a radiação gama*.

Em outro caso, um pequeno trecho do texto de DC “*Um cemitério para o lixo atômico*”³⁷ foi inserido no LD por meio de um exercício, como pode ser visto na figura a seguir.

³⁷ A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://super.abril.com.br/ideias/um-cemiterio-para-o-lixo-atomico/>

Figura 28 - Texto de DC sobre lixo radioativo inserido no livro didático

22. Leia o texto a seguir.

De fato, 98% do lixo radioativo brasileiro compõe-se de rejeitos que precisam ficar isolados do contato humano durante dois ou três séculos apenas. Isso por causa do fenômeno que os físicos chamam meia-vida: o tempo necessário para que a radioatividade de uma substância caia pela metade.

[...] Além de provir de aparelhos desativados, que mexeram com material nuclear, e da água usada para controlar a temperatura nos reatores – que tende a ficar contaminada por partículas radioativas –, o lixo de baixa e média atividade é também engordado por materiais comuns, como luvas e aventais, usados na manipulação de substâncias radioativas.

OLIVEIRA, L. H. Um cemitério para o lixo atômico. *SuperInteressante*, n. 16, set. 1990. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ideias/um-cemiterio-para-o-lixo-atomico>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

Sobre a água utilizada nas usinas, responda:

- a) De onde é geralmente retirada?
- b) Ainda que não esteja contaminada com radioatividade, qual tipo de poluição pode causar e qual a consequência dessa poluição?

Fonte: Lisboa (2016, p. 260)

O assunto principal abordado no texto se refere à necessidade de isolar o lixo radioativo do contato humano que em muitos casos, pode chegar a dois ou três séculos, devido ao tempo de meia vida do elemento. Ressalta ainda que o lixo radioativo, além daquele advindo dos rejeitos das usinas nucleares, é aumentado por materiais comuns, como luvas, aventais, que são utilizados na manipulação com substâncias radioativas. Várias conexões podem ser realizadas ao fato da radioatividade, principalmente no que diz respeito à propriedade de certos elementos de emitirem partículas e radiações eletromagnéticas de seus núcleos instáveis. Ao entrarem em contato com materiais diversos, como os apontados no texto, luvas, seringas etc., tais materiais tornam-se também fontes de emissão radioativa, por conterem material radioativo em sua estrutura.

Ao realizar as questões sobre este texto de DC, como pode ser observado na figura anterior houve um direcionamento para trabalhar uma questão específica, a água utilizada nas usinas.

Outro exemplo de inserção da DC³⁸ no LD foi um exercício que tem como principal foco apresentar de forma sintética como ocorreu o acidente com Césio-137 em 1987 em Goiás, os principais envolvidos, algumas consequências do ocorrido, como a contaminação radioativa de algumas pessoas e ainda a geração de toneladas de rejeitos radioativos armazenados em um depósito na cidade de Abadia/Goiás. Na figura a seguir apresentamos essa entrada.

Figura 29 - Texto de DC sobre o acidente com césio-137 em Goiânia

40. Leia o texto a seguir.

[...] Em setembro de 1987, dois catadores de materiais recicláveis encontraram em instalações do antigo Instituto Goiano de Radioterapia uma máquina que desconheciam ser um aparelho usado em tratamento radioterapêutico. Wagner Mota Pereira e Roberto Santos Alves venderam o material ao dono de um ferro-velho, Devair Alves Ferreira, que, ao abrir a cápsula radioativa, se encantou com um pó que emitia brilho azul. Ele começou então a distribuí-lo a parentes e amigos como se fosse algo precioso.

Em pouco tempo, várias pessoas que tiveram contato com o pó começaram a passar mal. As primeiras vítimas fatais da contaminação pelo césio foram a esposa do dono do ferro-velho, Maria Gabriela, que morreu no dia 23 de outubro de 1987, e sua sobrinha, a menina Leide.

O ferro-velho, residências da região e pertences das famílias envolvidas foram destruídos, gerando toneladas de rejeitos radioativos. Um depósito foi construído em Abadia de Goiás [...] para abrigá-las. [...].

Agência Senado, 28/10/2015. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/10/28/caso-do-cesio-137-mostra-os-elevados-riscos-da-radiacao-nuclear-diz-pesquisadora/tablet>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

Sabendo que a massa da cápsula encontrada era em torno de 20 g, e o tempo de meia-vida do césio-137 é de 30 anos, calcule quantos anos são necessários para que tenhamos 25% da massa inicial.

Fonte: Lisboa (2016, p. 263)

A mediação proposta após o texto de DC, explora o conceito de meia vida, à medida que propõe o cálculo de quantos anos seriam necessários para que se tenha 25% da massa inicial de césio-137 (sabendo que a cápsula continha em torno de 20 gramas e que o tempo de meia vida deste elemento é de 30 anos). É necessário enfatizar que o texto de DC está

³⁸ A versão completa do texto pode ser consultada em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/10/28/caso-do-cesio-137-mostra-os-elevados-riscos-da-radiacao-nuclear-diz-pesquisadora>

relacionado de maneira mais íntima com o fato social e político do acidente em Goiânia, apontando os principais envolvidos com o ocorrido e algumas das consequências geradas. Desta forma, o texto inicialmente apresenta este caráter mais social, porém a partir da questão proposta há o direcionamento para o cálculo de meia vida (um fato científico). Apontamos aqui mais um caso da relação entre o fato científico e seus desdobramentos sociais.

Diferentemente das outras formas de inserção do texto de DC no LD por meio de exercícios, observamos um caso em que essa entrada se seu por meio de uma questão de vestibular. Na figura a seguir apresentamos a mesma:

Figura 30 - Texto de DC sobre a descoberta dos elementos transurânicos no LD

47. (UFSC) Após novo vazamento, radiação em Fukushima atinge nível crítico. Os níveis de radiação nas proximidades da usina nuclear de Fukushima, no Japão, estão 18 vezes mais altos do que se supunha inicialmente, alertaram autoridades locais. Em setembro de 2013, o operador responsável pela planta informou que uma quantidade ainda não identificada de água radioativa vazou de um tanque de armazenamento. Leituras mais recentes realizadas perto do local indicam que o nível de radiação chegou a um patamar crítico, a ponto de se tornar letal com menos de quatro horas de exposição.

Disponível em: <www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/09/130831_fukushima_niveis_radiacao_18_vezes_lgb.shtml> [Adaptado] Acesso em: 2 set. 2013.

A usina nuclear de Fukushima, no Japão, sofreu diversas avarias estruturais após ser atingida por um terremoto seguido de *tsunami* em março de 2011. Recentemente, técnicos detectaram o vazamento de diversas toneladas de água radioativa para o Oceano Pacífico, em local próximo à usina. A água radioativa está contaminada, principalmente, com isótopos de estrôncio, iodo e céσιο, como o céσιο-137. O $^{137}_{55}\text{Cs}$ é um isótopo radioativo com tempo de meia-vida de cerca de 30,2 anos, cujo principal produto de decaimento radioativo é o $^{137}_{56}\text{Ba}$, em uma reação que envolve a emissão de uma partícula β .

Considerando o texto e as informações fornecidas acima, é **correto** afirmar que:

01. o átomo de $^{137}_{55}\text{Cs}$ é isóbaro do $^{137}_{56}\text{Ba}$.

02. as partículas α, β , emitidas no decaimento radioativo do $^{137}_{55}\text{Cs}$, não possuem carga elétrica e não possuem massa, e podem atravessar completamente o corpo humano.

04. o decaimento radioativo do céσιο-137 ocorre com a perda de um elétron da camada de valência.

08. os efeitos nocivos decorrentes da exposição ao céσιο-137 são consequência da emissão de partículas α que surgem pelo decaimento radioativo do $^{137}_{55}\text{Cs}$ formando $^{137}_{56}\text{Ba}$.

16. após 15,1 anos, apenas um quarto dos átomos de $^{137}_{55}\text{Cs}$ ainda permanecerá detectável na água proveniente da usina.

32. cada átomo de $^{137}_{55}\text{Cs}$ possui 55 prótons e 82 nêutrons.

Fonte: Lisboa (2016, p.266)

O texto de DC³⁹ foi adaptado e teve como principal assunto o acidente ocorrido na usina nuclear de Fukushima no Japão e os níveis críticos de vazamento de água radioativa de um tanque de armazenamento para o oceano pacífico. A partir dos isótopos radioativos, que foram os principais contaminantes, uma série de afirmações são colocadas sobre o assunto para avaliação de sua legitimidade ou não. Como pode ser visto nos enunciados da figura anterior, vários conceitos são retomados a partir deste caso explorado no texto de DC: *água radioativa; conceito de isóbaros; entendimento da partícula beta; decaimento radioativo; diferenciação de uma reação química e uma reação nuclear; meia vida e a identificação de número de prótons e número de nêutrons.*

Na sequência, outro texto de DC intitulado, “*Weizsacker e a descoberta dos primeiros elementos “transurânicos”: neptúnio e plutônio*” entrou no LD por meio de trechos de sua versão na íntegra⁴⁰. A figura a seguir exemplifica essa forma de entrada a que nos referimos.

³⁹ A versão completa do texto pode ser consultada em:

https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/09/130831_fukushima_niveis_radiacao_18_vezes_lgb

⁴⁰ A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://seara.ufc.br/pt/curiosidades-da-fisica/>

Figura 31 - Texto de DC sobre a descoberta dos elementos transurânicos no LD

17. Leia o texto e responda o que se pede.

Weizsäcker e a descoberta dos primeiros elementos "transurânicos": neptúnio e plutônio

[...] os dois primeiros elementos "transurânicos" foram descobertos em 1940, em experiências realizadas na Universidade da Califórnia, em Berkeley. Contudo, antes dessas descobertas, já se conheciam evidências de suas existências, conforme indicavam as experiências realizadas com o bombardeamento de átomos pesados com nêutrons. Nessas experiências se observava que, além do rompimento daqueles átomos, havia também a produção de novos elementos radioativos chamados de "transurânicos" e conhecidos com o prefixo "eka" (que significa "abaixo de"). O primeiro desses "eka" foi o "eka-rênio", nome dado pelo físico alemão, o barão Carl Friedrich Weizsäcker (1912-2007), em julho de 1940. Vejamos como isso aconteceu.

Naquele mês, [...] Weizsäcker refletia sobre os artigos que lia, durante essas viagens, sobre a fissão nuclear, publicados na *Physical Review*, principalmente sobre a existência de um novo elemento radioativo, com a vida média em torno de 23 minutos, produzido quando o urânio natural (${}_{92}\text{U}$) era bombardeado com nêutrons. Em sua reflexão, Weizsäcker pensou na possibilidade de esse "isótopo do urânio" decair e produzir um novo elemento. Com essa ideia em mente, em 17 de julho de 1940, preparou um texto de poucas páginas, no qual afirmava que uma pilha de urânio natural, bombardeada com nêutrons, poderia produzir um novo elemento, chamado por ele de "eka-rênio", por sua similaridade com o elemento rênio (${}_{75}\text{Re}$). [...]

BASSALO, J. M. F. Curiosidades da Física. Disponível em: <http://www.seara.ufc.br/folclore/folclore189.htm>. Acesso em: 15 abr. 2016.

a) Quais são os dois primeiros elementos transurânicos a que o texto se refere?

b) Com base na Tabela Periódica, identifique o elemento "eka-rênio".

c) Equacione a reação entre o urânio-235 e um nêutron, sabendo que nesse processo, além de uma transmutação, há liberação de uma partícula ${}_{-1}\beta$.

Fonte: Lisboa (2016, p. 255)

Como pode ser observado na figura acima, o foco principal do texto foi de apresentar o contexto da descoberta dos primeiros elementos transurânicos em 1940. Para tanto, enfatiza a contribuição de Friedrich Weizsacker neste processo e de uma forma bem simples expõe como o cientista chegou neste resultado. Assim, percebemos que o principal objetivo da inserção deste texto de DC foi o de realizar uma inserção histórica na descoberta de elementos radioativos, denominados transurânicos. Com as questões propostas após o enunciado é possível observar que as duas primeiras podem ser resolvidas por meio de uma consulta rápida ao texto de DC e a tabela periódica, respectivamente. Na terceira há um esforço maior, pois é necessário equacionar a reação nuclear de transmutação do ${}^{235}\text{U}$ ao ser bombardeado por um nêutron e liberar uma partícula beta. Novamente houve a conexão com outro fato científico associado à radioatividade, neste caso a *transmutação dos elementos*.

A partir da análise da entrada destes textos de DC sobre o fato da radioatividade, percebemos que tais textos também atuaram no fortalecimento deste fato científico. “Fleck indica que o desenvolvimento do estilo de pensamento pode ocorrer de três modos: 1. complementação do estilo de pensamento; 2. ampliação do estilo de pensamento; 3. transformação do estilo de pensamento” (SHAFER; SCHNELLE, 2010, p. 19).

Destacamos aqui a relação com os modos 1 e 2. Fleck (2010, p.172) acrescenta ainda que “[...] apenas o tráfego intracoletivo de pensamento poderia levar da insegurança cautelosa à certeza”. É importante considerar também que neste fortalecimento, há associações com outros fatos científicos, além de fatos sociais, econômicos e políticos.

4.5.2 Textos de divulgação científica inseridos durante as explicações

Apresentamos neste tópico, os textos de DC que foram inseridos nos LDs analisados sem uma especificação ou chamada prévia, ou seja, textos surgem no decorrer da explicação dos conceitos, tanto em forma escrita ou imagética. O texto de DC “*Agência da ONU para energia atômica oferece tecnologia nuclear contra vírus Zika*”⁴¹, possui como foco maior a utilização da radiação nuclear para eliminar ou reduzir a população do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor da dengue. O objetivo principal é utilizar a técnica nuclear para esterilizar o mosquito. Apresenta também o êxito em outros contextos e as potencialidades de tal técnica, ressaltando que o problema não será resolvido de imediato, necessitando ainda de testes e debates sobre o assunto.

O texto foi inserido no tópico “*outros usos da radioatividade*” e subtópico “*Agricultura*”. A figura 32 exemplifica tal textualização:

⁴¹ A versão completa do texto pode ser consultada em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2016-01/agencia-da-onu-para-energia-atmica-oferece-tecnologia-nuclear-contr>

Figura 32 - Texto de DC sobre a utilização da radiação nuclear para eliminação do vírus Zika

Vírus Zika

Usar a radiação nuclear para eliminar ou reduzir a população do mosquito *Aedes aegypti*, que transmite o vírus Zika, será um dos temas centrais que o diretor-geral da Agência Internacional de Energia Atômica da Organização das Nações Unidas (AIEA), Yukiya Amano, apresentará a vários países em viagem pelas Américas que começa na segunda-feira [25/01/2016].

O vírus Zika está relacionado ao aumento de casos de microcefalia em bebês na América Latina.

"A tecnologia para a esterilização de insetos é muito eficaz na redução ou erradicação da população de mosquitos e outros portadores de doenças", explicou Amano em entrevista na véspera de partir para o Panamá, primeira escala da visita de duas semanas pela região da América Central e México.

[...]

A esterilização nuclear de insetos já teve êxito contra a mosca tsé-tsé, na África, que transmite a chamada "doença do sono" em humanos e afeta também o gado.

O diretor da agência da ONU lembrou, no entanto, que a entidade ainda trabalha na aplicação desta técnica sobre os mosquitos transmissores de outras doenças, como o Zika, e advertiu que o problema "não será resolvido da noite para o dia".

Além disso, será necessário combinar a esterilização dos mosquitos com outras técnicas e medidas [...].

EBC Brasil. Agência da ONU para energia atômica oferece tecnologia nuclear contra vírus Zika, 23 jan. 2016. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2016-01/agencia-da-onu-para-energia-atomica-oferece-tecnologia-nuclear-contra>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

• O texto menciona a necessidade de combinar a esterilização dos mosquitos com outras técnicas e medidas. Sabendo que a dengue, assim como a chikungunya, são doenças causadas pelo mesmo vetor do vírus Zika, o *Aedes aegypti*, e que o método de prevenção do vírus Zika é o mesmo que o adotado para a dengue, proponha três ações individuais e três ações comunitárias para a prevenção dessas doenças.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p.35)

Os trechos do texto por si só apresentam mais uma forma de apresentar a potencialidade da utilização de técnicas de processos que envolvem a radioatividade para resolução de problemas reais na sociedade. Todavia, com a mediação posta no seguimento do texto, percebemos que há outro objetivo, que não está relacionado diretamente à compreensão do fato da radioatividade, mas a relação social com este fato, sugerindo ações sociais, tanto individuais como coletivas, para a prevenção de doenças relacionadas ao vetor do *Aedes aegypti*.

Em relação ao texto "*O que é irradiação de alimentos*" que também está inserido no tópico "*outros usos da radioatividade*" e subtópico "*Conservação de alimentos*", há uma explicação sobre o processo de irradiação de alimentos, bem como as principais fontes utilizadas para irradiar os alimentos, que são isótopos radioativos como césio-137, cobalto-60 e raios-X. Apresenta também uma imagem de um esquema de um radiador industrial, que ajuda visualizar de forma representativa como ocorre tal processo. Há também a contextualização dos principais alimentos irradiados no Brasil, enfatizando as limitações da utilização deste método de conservação de alimentos, como a perda de diversos nutrientes. A figura 33 exemplifica esta entrada.

Figura 33 - Textos de DC sobre irradiação de alimentos inseridos no livro didático

O que é irradiação de alimentos?

A irradiação é um dos processos utilizados pela indústria de alimentos para aumentar a vida útil e o tempo de prateleira dos produtos. Além de conservar, o mecanismo também mata insetos, bactérias patogênicas, fungos e leveduras, retarda a maturação e senescência (envelhecimento) de frutas e inibe o brotamento de bulbos e tubérculos. [...]

O alimento – embalado ou a granel – é submetido a uma quantidade controlada de radiações ionizantes por tempo predeterminado. [...]. As fontes utilizadas para irradiar alimentos são isótopos radioativos, como césio-137, cobalto-60, raios X [...].

Cores fantasia, sem escala.

USF VOUZARAQUINO DA TERRA

Esquema de um irradiador industrial. Consiste de uma sala com paredes de concreto, com dois metros de espessura, que contém a fonte de irradiação (^{60}Co). Um sistema de esteiras transporta automaticamente o produto para dentro do ambiente de irradiação e, após a irradiação, o remove de lá.

Fonte da ilustração: COSTA, N.; FURLAN, G. R., ITEPAN, N. M. Radioproteção em irradiadores de grande porte de categoria III. Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/093/42093165.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2016.

[...]

O Brasil faz pesquisas sobre alimentos irradiados desde 1975. Gradativamente, o leque de alimentos que poderiam ser irradiados foi aumentando. Entre os mais comumente irradiados estão a carne de vaca, porco e aves, nozes, batata, trigo, farinha de trigo, frutas, verduras e variados tipos de chás, ervas e condimentos. No Brasil irradiam-se principalmente cebolas, batatas, peixes, trigo e farinhas, papaia, morango, arroz e carne de porco.

[...]

Como nos demais métodos de conservação de alimentos (pasteurização e congelamento, por exemplo), a irradiação ocasiona perdas de macro e micronutrientes, bem como variações na cor, sabor, textura e odor. Muitas vitaminas são praticamente extintas do alimento: até 90% da vitamina A na carne de frango, 86% da vitamina B em aveia e 70% da vitamina C em suco de frutas. À medida que o tempo de estocagem aumenta, outros nutrientes são perdidos: proteínas são desnaturadas e as vitaminas A, B12, C, E e K sofrem alterações semelhantes às do processo térmico (pasteurização).

No entanto, o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) defende que, apesar da perda nutricional, as alterações químicas não são nocivas ou perigosas. Em entrevista ao site da Unicamp, um físico do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) da Universidade atribui o receio que a população tem de consumir esses alimentos à constituição de um "imaginário negativo" ligado à questão nuclear. A não aceitação por parte das pessoas decorre, entre outros fatores, da relação que se faz entre irradiação e radioatividade. Segundo ele, a contaminação radioativa pressupõe o contato físico com uma fonte radioativa, enquanto a irradiação é a energia emitida de uma fonte de radiação. Dessa forma, os alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois não contêm a fonte de radiação (apenas recebem a energia).

[...]

LAF NETOOL/MF FICCO/INTE/ITE/20K

Comparação entre alimentos não irradiados (acima) e irradiados (embaixo).

CINTRA, Lydia. O que é irradiação de alimentos? *Superinteressante*, 13 dez. 2013. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/blogs/ideias-verdes/o-que-e-irradiacao-de-alimentos/>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

Atividades

1. O uso da radioatividade pelo ser humano acabou trazendo diversos problemas, entre eles doenças decorrentes de mutações genéticas. No entanto, também trouxe benefícios. Explique essa afirmação.
2. A irradiação de alimentos é regida por legislação. Faça uma pesquisa sobre o assunto e apresente sugestões de procedimentos que possam garantir à sociedade que a ingestão desse tipo de alimento não irá causar problemas à saúde das pessoas.
3. O texto sobre irradiação de alimentos menciona que esse processo ocasiona perdas consideráveis de alguns macronutrientes e micronutrientes. Diante dessas informações, é fundamental que o consumidor consiga identificar os alimentos que passaram por esse processo e crie o hábito de ler as informações nutricionais em seus rótulos a fim de selecionar aqueles com valor nutricional mais adequado. Você já analisou as informações nutricionais de um alimento? Que informações estão presentes?

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 36-37)

Podemos dizer que o principal ponto que o texto associa em relação ao fato da radioatividade está no sentido de diferenciar irradiação e contaminação radioativa, já que ao ser irradiados “[...] os alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois não contêm a fonte de radiação (apenas recebem a energia).” Além disso, “o receio que a população tem de consumir esses alimentos à constituição de um “imaginário negativo” ligado a questão nuclear”. (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 37). Além disso, na questão 3, temos uma associação mais indireta com a radioatividade, pois direciona para uma ação individual sobre a leitura de rótulos, de modo a identificar informações nutricionais sobre os alimentos no dia-a-dia. Essa é mais uma relação conectada com um fato de cunho social.

No tópico sobre “efeitos da radioatividade” e subtópico “medida dos efeitos das radiações no organismo” houve a inserção de um quadro⁴² proveniente de um texto de DC para apresentar a relação entre o efeito biológico de determinadas doses de radiação no corpo humano.

As explicações das unidades para representar a quantidade de energia absorvida pelo organismo foram apresentadas de forma sucinta, como exemplo podemos citar o enunciado “[...] doses anuais ao redor de 0,5 rem não causam maiores problemas ao organismo; já doses superiores, mesmo que por curto espaço de tempo, são preocupantes. Consulte o quadro da página seguinte.” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 31). Logo em seguida houve a inserção de um quadro, como pode ser visto na figura 34.

⁴² A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://www.atomicarchive.com/science/effects/radiation-effects-human.html>

Figura 34 - Texto de DC sobre a relação entre a dose de radiação e seus efeitos biológicos

Efeitos biológicos de acordo com a dose de radiação	
Dose (rem)	Efeito biológico
0-5	Nenhum efeito detectável.
5-20	Possíveis efeitos de longo prazo e possível dano cromossômico.
20-100	Redução temporária no número de células do sangue.
100-200	Náusea, fadiga, queda de cabelos, redução da resistência a infecções, possivelmente seguidas de proliferação cancerosa.
200-300	Efeitos severos da dose anterior e hemorragias. Dose letal - 10% a 35% das pessoas afetadas morrem em 30 dias.
300-400	Efeitos severos; destruição da medula óssea e dos intestinos. Dose letal - 50% a 70% das pessoas afetadas morrem em até 30 dias.
400-1000	Dose letal - 60% a 95% das pessoas afetadas morrem em até 30 dias.
1000-5000	Dose letal - 100% das pessoas afetadas morrem em até 10 dias.

Fonte: RADIATION Effects on Humans. Atomicarchive.com.
Disponível em: <<http://www.atomicarchive.com/Effects/effects15.shtml>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

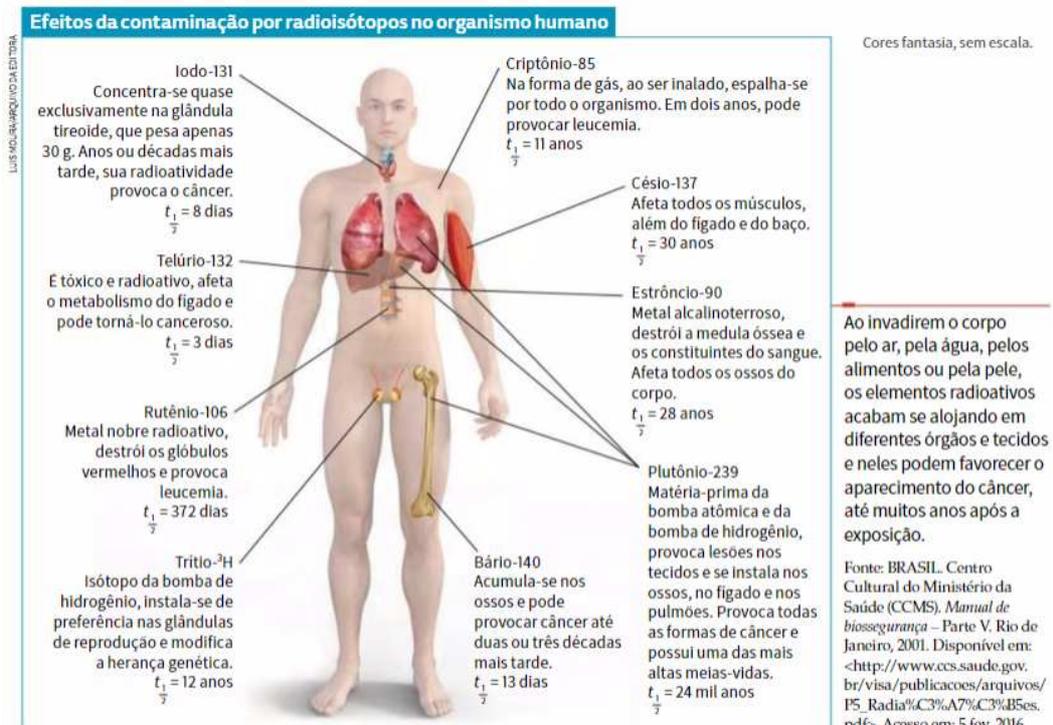
Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 32)

A função do quadro possibilita estabelecer relações entre a quantificação de diferentes doses de radiação e como isso é diretamente proporcional à quantidade de energia absorvida pelo corpo, afetando-o em diferentes proporções. Sem este exemplo, seria mais difícil de associar tais medidas aos possíveis efeitos biológicos.

Logo na sequência, uma imagem proveniente de um texto de DC é inserida no subtópico “contaminação por radionuclídeo”⁴³. Como pode ser visto na figura 35 a seguir, há a representação do corpo humano e setas indicando onde cada elemento radioativo pode se alojar e quais os danos que podem causar ao corpo humano.

⁴³A versão completa do texto pode ser consultada em:
http://www.ccs.saude.gov.br/visa/publicacoes/arquivos/P5_Radia%C3%A7%C3%B5e

Figura 35 - Representação dos efeitos da contaminação por radioisótopos inserido no livro didático



Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 32)

A partir dessa textualização podemos considerar que a mesma aponta como determinados radioisótopos ou radionuclídeos afetam as células do corpo humano e que, além de irradiar a si mesmo, a pessoa pode se tornar uma fonte de radiação e irradiar outras pessoas. A exemplo disto podemos citar o acidente com césio-137 (que pode afetar todos os músculos além do fígado e do baço), amplamente divulgado. Com tal explicação as relações podem ser realizadas. Além disso, essa inserção complementa o quadro anterior, que aponta as doses e efeitos biológicos de radiação gama. A imagem também retoma o sentido ligado à outro fato, no caso, a meia vida, pois menciona qual o tempo de meia vida de cada radioisótopo no organismo humano.

Diante destes tráfegos textuais da DC para o LD, percebemos que em alguns casos a mediação do texto direciona para outros efeitos que possuíram uma relação mais indireta com o fato da radioatividade. Além disso, na maioria dos casos, esses textos de DC cumpriram o papel de apresentar o fato da radioatividade e outros fatos científicos e sociais associados a ela, para exemplificar suas diferentes aplicações no cotidiano (irradiação de alimentos, impacto biológico de doses de radioisótopos no corpo humano e radiação nuclear no caso do

vírus Zika). Tais aplicações se aproximam de casos práticos do cotidiano das pessoas ajudando a formar o “solo firme dos fatos”, neste caso o de radioatividade.

A ciência popular é uma formação peculiar e emaranhada (FLECK, 2010, p. 165), permite realizar alguma relação com o cotidiano das pessoas, algo relevante para sua saúde e bem-estar, por exemplo, algum apelo, no sentido que aquilo já é uma realidade. Podemos enfatizar aqui um ponto bastante discutido no capítulo 1, os deslocamentos entre os círculos esotérico e exotérico.

Ao nos afastarmos ainda mais do centro esotérico em direção à periferia exotérica, o pensamento parece ser ainda mais dominado pela plasticidade (*Anschaulichkeit*) emotiva, que confere ao saber a segurança subjetiva da religiosidade ou do óbvio. Nesse âmbito, não se exigem mais provas coercitivas para o pensamento, pois a palavra já se tornou carne (FLECK, 2010, p.171).

Somente no “mundo dos fatos”, a partir da persistência, pode se ter a sensação de uma realidade fixa, da “existência autônoma de um mundo”. Sendo que, somente no estágio do saber cotidiano e popular, o fato se “[...] torna carne: uma coisa imediatamente perceptível, isto é, realidade” (FLECK, 2010, p. 179).

Fleck não dissocia os fatos de sua percepção, para ele a realidade é construída pelo conjunto de fatos pertencentes a um determinado estilo de pensamento (MAIA, 2009). Aquilo que é percebido, necessariamente precisa ser experienciado pelo coletivo de pensamento e se transforma como uma resistência ao ver inicialmente arbitrário e sem forma. É neste sentido, que os “[...] fatos, ou, ainda, a realidade, não se oferecem de modo simples e imediato, mas devem ter sua gênese numa relação específica do percebido com o coletivo de pensadores” (SHAFER; SCHNELLE, 2010, p.17)

4.5.3 Textualização da Divulgação Científica por meio de boxes

Neste tópico apresentamos os casos em que os textos de DC foram apresentados na forma de *boxes* ou quadros destaque. Na *coleção Viva* de Novais e Antunes (2016), tivemos a inserção de um quadro destaque, intitulado “conexões”, contendo dois textos de DC. O primeiro deles (figura 36), intitulado: “*Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*”⁴⁴, aborda a limitação das mulheres trabalharem nas

⁴⁴ Livro: McGrayne, Sharon B. 1994

mesmas condições que os homens nas universidades. Enfatiza o caso da cientista Lise Meitner e suas dificuldades para desenvolver suas pesquisas neste contexto, em que somente depois de anos pôde assumir uma posição como diretora de um centro de Física Radioativa em Berlim e, mesmo depois de descobrir que o núcleo de um átomo poderia ser seccionado e liberar grande quantidade de energia, viu seu parceiro alemão receber o prêmio Nobel pela fissão nuclear.

Figura 36 - Texto de DC sobre mulheres na ciência

Utilizando-se de uma entrada particular, Lise Meitner entrou em seu laboratório no porão – e lá ficou. A antiga carpintaria reformada era a única sala do Instituto de Química de Berlim em que podia entrar. Nenhuma mulher – com exceção, claro, das faxineiras – poderia ir ao andar de cima com os homens. Proibida até mesmo de utilizar-se do toalete do edifício de Química, era obrigada a servir-se das instalações de um hotel na mesma rua.

Durante dois anos, de 1907 a 1909, Meitner realizou no porão experiências com radiação, tomando o cuidado de nunca ser vista no andar superior. [...] às vezes ansiava tão desesperadamente por ouvir uma conferência de química que se esgueirava pelo anfiteatro do andar superior e escondia-se atrás da fileira de cadeiras para escutar.

Dez anos depois, Lise era diretora de um Centro de Física Radioativa em Berlim. [...] Com 60 anos, decifrou a experiência do século explicando que, inacreditavelmente, o núcleo de um átomo podia ser seccionado e liberar enormes quantidades de energia. Seu parceiro alemão recebeu o Prêmio Nobel pela experiência de fissão que ela iniciara e explicara.

McGRAYNE, Sharon B. *Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*. São Paulo: Marco Zero, 1994.

Numa época em que as mulheres estavam ainda começando a conquistar seus direitos (por exemplo, o voto feminino só foi instituído no Reino Unido em 1918, nos Estados Unidos em 1920 e no Brasil em 1932), cientistas como Marie, Irène e Lise tiveram de lutar contra uma série de impedimentos. Marie Curie teve apoio do marido e reconhecimento mundial – mas foi uma exceção entre tantas cientistas que não contaram com nenhum incentivo.

Muitas delas enfrentaram enormes obstáculos. Foram confinadas em laboratórios de porões ou em escritórios de sótãos. Esconderam-se atrás de móveis para assistir a conferências científicas. Por muito tempo, trabalharam como voluntárias em universidades dos Estados Unidos, sem remuneração até um período tão recente como o final dos anos 50. A ciência era considerada árdua, rigorosa e lógica; as mulheres deviam ser meigas, fracas e ilógicas. Como consequência, mulheres cientistas eram seres anormais.

McGRAYNE, Sharon B. *Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*. São Paulo: Marco Zero, 1994.



Lise Meitner, em 1916. Descobridora da fissão nuclear, ela viu o mérito por essa descoberta ser atribuído a Otto Hahn.

Fonte: Lisboa (2016, p. 29)

Na sequência é levantada a discussão de que muitas mulheres enfrentaram demasiados obstáculos, trabalhando escondidas, sem remuneração até o final dos anos 1950, vistas até como seres anormais. A partir disto, há a entrada de outro texto de DC, “*A maioria das mulheres desiste de suas carreiras- e a culpa é nossa*”⁴⁵, como pode ser visualizado na figura 37, a seguir.

⁴⁵ A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://epoca.globo.com/vida/noticia/2015/12/maioria-das-mulheres-cientistas-desiste-de-suas-carreiras-e-culpa-e-nossa.html>

Figura 37 - Texto de DC sobre a desistência das mulheres na carreira científica

Chegar ao topo

Desde que foi criado, em 1901, o prêmio Nobel já foi entregue a mais de 900 pessoas e instituições notáveis nas seguintes áreas: Física, Química, Medicina (ou Fisiologia), Economia, Literatura e Paz. Mas a desproporção é grande: apenas cerca de 6% dos ganhadores são mulheres. E, além disso, o Nobel da Paz e o de Literatura é que tiveram o maior número de vencedoras mulheres. Conclui-se que poucas mulheres cientistas chegam ao topo. Um conjunto de fatores colabora para isso.

A maioria das mulheres cientistas desiste de suas carreiras – e a culpa é nossa

Um estudo alemão tentou entender por que as mulheres que começam a trabalhar com ciência abandonam suas pesquisas. Descobriu que a culpa é de fatores sociais

As mulheres desistem cedo de trabalhar com ciência. É uma desistência evidenciada por números: [...] 76% dos cientistas de nível sênior que recebem bolsas de pesquisa no país são homens. Pesquisadores seniores são aqueles cientistas experientes, que já passaram pelo doutorado há alguns anos e conduziram trabalhos relevantes. Nesse grupo, há poucas mulheres. Entre os pesquisadores jovens, em início de carreira, a divisão é equitativa. Metade das bolsas financia mulheres. A conclusão? Conforme o tempo passa, as mulheres cientistas abandonam o laboratório, sem nunca atingir o topo de suas profissões. Isso é ruim para a ciência, e não acontece por falta de talento delas.

O problema não é exclusividade do Brasil. Em novembro, a Elsevier, uma grande editora de periódicos científicos, [...] tentou descobrir por que as mulheres que começam a trabalhar na área não continuam. Analisou casos na Alemanha. Por lá, como no Brasil, as mulheres ingressam na universidade, fazem mestrado, doutorado e depois abandonam suas carreiras. [...] [As conclusões] Apontam que pesam contra elas problemas muito semelhantes aos enfrentados por mulheres em outras profissões. As cientistas têm de resistir ao sexismo do ambiente de trabalho e precisam equilibrar suas carreiras com a responsabilidade de criar filhos e cuidar da casa.

[...]

"Na Alemanha, a maioria dos casais diz que uma divisão igualitária das tarefas domésticas é o ideal", diz Anke Lipinsky, pesquisadora do Centro para Excelência das Mulheres na Ciência [...]. "Mas, no fim das contas, as normas sociais cobram que essa responsabilidade fique a cargo da mulher." As pessoas acham compreensível que pais jovens varem a noite no laboratório. As jovens mães, por outro lado, precisam voltar para casa e cuidar das crianças. Além disso, diz Anke, o pai que pede uma rotina de trabalho mais flexível é malvisto – mesmo entre os cientistas.

[...]

O problema não está apenas em casa. Há também questões relativas à dinâmica entre orientadores e suas orientandas. Os primeiros anos após o doutorado são importantes para definir o futuro de uma pesquisadora. É quando ela decide se vai continuar a se dedicar à pesquisa ou se vai mudar de carreira, diz o estudo da Elsevier. "E os orientadores tendem a oferecer menos apoio para as cientistas que para seus colegas homens", diz Anke. Ao longo dos anos de formação, as mulheres são desencorajadas a seguir carreiras ou linhas de pesquisa identificadas como masculinas. Ainda faltam pesquisas para determinar qual o impacto do sexismo nessa fase da carreira. Acontece que ele é difícil de inferir – muitas vezes, ocorre de maneira velada: "Ninguém lhe diz que você não pode ser cirurgiã porque você é mulher", diz a cientista brasileira Elisa Brietzke. "Eles dizem: 'ah, eu acho que você tem mais aptidão para fazer pediatria, porque você se relaciona bem com crianças.'" [...]

CISCATI, Rafael. *Época*, Rio de Janeiro, Globo, 11 dez. 2015. Disponível em: <<http://epoca.globo.com/vida/noticia/2015/12/maioria-das-mulheres-cientistas-desiste-de-suas-carreiras-e-culpa-e-nossa.html>>. Acesso em: 1º abr. 2016.

1. De acordo com o trecho do livro *Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências*, até os anos 1950, "as mulheres deviam ser meigas, fracas e ilógicas".
 - a) O que você pensa dessa visão das mulheres? Ela corresponde à realidade?
 - b) Hoje em dia ainda se tem essa imagem das mulheres? Explique.
2. Segundo a reportagem da revista *Época*, quais são os motivos que levam as mulheres a desistir da carreira científica?
3. Sexismo é a discriminação baseada no sexo de uma pessoa. Você já testemunhou algum episódio em que houve manifestação de sexismo explícita ou velada contra uma mulher (de qualquer idade)? Relate o episódio.
4. Releia:

Além disso, diz Anke, o pai que pede uma rotina de trabalho mais flexível é malvisto – mesmo entre os cientistas.

- a) Qual é a razão da discriminação e contra quem se dirige, nesse caso? Qual sua opinião sobre esse tipo de discriminação?
 - b) O trecho termina ressaltando que esse tipo de discriminação acontece "mesmo entre os cientistas". O fato de até mesmo cientistas — pessoas em geral muito estudadas e habituadas ao raciocínio lógico — manifestarem esse tipo de preconceito permite chegar a que conclusão, sobre a presença do sexismo em nossa sociedade?
5. Como a discriminação contra as mulheres poderia ser eliminada das relações familiares e de trabalho? Discuta com os colegas e proponha soluções que poderiam ser adotadas não só pelos cidadãos, em sua vida diária, mas também pelas empresas privadas e pelo poder público.
 6. O talento para as ciências pode se manifestar igualmente, e desde a infância, em meninos e meninas. Pesquise: qual é o caminho que um estudante do Ensino Médio, seja homem, seja mulher, deve se dispor a percorrer se quiser tornar-se um cientista e trabalhar com pesquisa na área da Química ou da Física?
 7. Dois elementos da Tabela Periódica foram nomeados em homenagem a Marie Curie e a Lise Meitner. Consulte-a e diga quais são esses elementos.

No texto há abordagem sobre alguns fatores que contribuem para que as mulheres que atuam na ciência desistam da carreira, como: sexismo no ambiente de trabalho, filhos e a dinâmica entre os orientadores e suas orientandas;

Além disso, estes “desencorajamentos” ocorrem, geralmente, de forma implícita como o exemplo trazido no texto: *“Ninguém lhe diz que você não pode ser cirurgiã porque você é mulher” /.../ eles dizem: ah, eu acho que você tem mais aptidão para fazer pediatria, porque você se relaciona bem com as crianças*” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 30).

Como mencionado os dois textos de DC foram inseridos no mesmo box “Conexões” / “Mulheres na Ciência”, que possui o objetivo de “[...] relacionar os conceitos do capítulo com outras áreas da ciência ou situações do cotidiano” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 315). Notamos, que os dois textos se complementam para abordar questões de gênero.

Antes da inserção do primeiro texto de DC houve uma discussão sobre algumas mulheres que participaram do desenvolvimento dos estudos sobre a radioatividade, como Marie Curie e sua filha Irène Joliot-Curie, destacando suas contribuições, contexto que em viveram e trabalharam e os prêmios Nobel associados ao trabalho das mesmas. Para abordar sobre a vida e o papel de Lise Meitner⁴⁶ é que o primeiro texto de DC previamente descrito foi inserido. Logo após, o segundo é inserido para discutir a desproporção entre as ganhadoras de prêmios Nobel historicamente, que consistiam em apenas 6%. Vale ressaltar que esta porcentagem já se modificou atualmente com a concessão de alguns prêmios Nobéis à mulheres, como exemplo podemos citar o Nobel de Química de 2020, atribuído à duas cientistas, Emmanuelle Charpentier e Jennifer Doudna pelo desenvolvimento do *Crispr*, método de edição do genoma.

A partir da textualização destes textos no LD há no final do quadro, algumas questões de mediação sobre tais textos que não possuem relação direta com o fato da radioatividade, mas que permitem refletir sobre as questões de gênero e a ciência e como alguns padrões instaurados socialmente reforçam o apagamento das mulheres ao seguirem carreiras na área científica. Vejamos alguns exemplos de abordagens realizadas:

“Segundo a reportagem da revista época, quais são os motivos que levam as mulheres a desistir da carreira científica?”

⁴⁶ Um estudo que aprofunda a discussão sobre o papel de Lise Meitner na descoberta da fissão nuclear, foi desenvolvido por Cordeiro e Peduzzi (2016) e intitulado: “Valores, Métodos e Evidências: Objetividade e Racionalidade na Descoberta da Fissão Nuclear. Ver: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2016v9n1p235>

“Sexismo é a discriminação baseada no sexo de uma pessoa. Você já testemunhou algum episódio em que houve manifestação de sexismo explícita ou velada contra uma mulher (de qualquer idade)? Relate o episódio”

“Como a discriminação contra as mulheres poderia ser eliminada as relações familiares de trabalho?” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 30).

Observamos ainda, que somente a última questão faz a ligação da discussão do papel das pesquisas destas cientistas com a nomeação de dois elementos químicos, que seriam fatos científicos relacionados à radioatividade, já que o curio (^{247}Cm) e o meitnério (^{268}Mt), são elementos químicos radioativos.

Ainda sobre este box “conexões”, podemos trazer informações relevantes contidas nas orientações do caderno de apoio pedagógico ao professor no final do livro sobre o capítulo 1 “Estudo da radioatividade, suas aplicações e implicações ambientais”.

O texto do box tem como objetivo sensibilizar os alunos para os problemas que cercam as relações de gênero. Sugere-se que o professor utilize tanto o texto quanto as atividades para promover um momento de reflexão e discussão de preconceitos, discriminação, estereótipos e violência contra a mulher, ainda enraizados na sociedade brasileira (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 314).

Há ainda, a indicação de outras fontes de leitura sobre este assunto, em outros textos de DC: “Entenda a polêmica sobre a discussão de gênero nos planos nacionais de educação”⁴⁷ e ainda como a reportagem da ciência hoje “Profissão: cientista” pode ser lida com os alunos para esclarecer algumas dúvidas sobre a profissão⁴⁸” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 314-315).

Como vimos no capítulo anterior temos aqui um hibridismo, que utilizou textos da ciência popular e DC para trazer abordagem histórica de alguns sujeitos envolvidos na produção do fato da radioatividade, neste caso o papel das mulheres, principalmente para abordar a questão de gênero, da mulher na ciência. Os textos possibilitam assim, a partir da mediação das perguntas explorar tais questões, além de colocar os estudantes em uma posição ativa e reflexiva sobre tais questões. Convém destacar aqui, a convergência com duas das

⁴⁷ Texto disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/educacao/2015/07/entenda-por-que-e-importante-discutir-igualdade-de-genero-nas-escolas>

⁴⁸ Texto disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/profissao-cientista/>

recomendações do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) para a construção dos LDs, que neste caso exploraram aspectos históricos e questões de gênero associados a este fato científico.

Em relação à coleção **Ser Protagonista**, de Lisboa (2016), identificamos a inserção de cinco boxes no capítulo analisado: “A radioatividade e as reações nucleares”. Destacamos que em nenhum *boxe* houve uma proposta de mediação anterior ou posterior a sua alocação. Logo estas relações estão implícitas e dependentes da forma como tais textos são trabalhados, bem como a relação dos mesmos com o fato científico da radioatividade e de outros fatos associados a ela. Somente em um caso houveram algumas recomendações de pontos a serem explorados, que foram encontradas no manual do professor, no final do livro. Na sequência detalhamos cada uma destas entradas.

Os três *boxes* que analisamos na sequência fazem parte das seções (*Química e...*), no caderno de apoio pedagógico ao professor no item: “O ensino de Química e a interdisciplinaridade”, houve uma recomendação sobre os objetivos destas seções.

As seções *Química e...* (*Biologia, Física, Matemática, etc.*), fornecem temas e atividades que podem ser explorados em conjunto com professores de diferentes disciplinas. Neste manual, são sugeridas propostas de como trabalhar essas seções e, em alguns casos, atividades extras e informações complementares. Os textos presentes nos boxes *Química e...* também podem ser utilizados para desenvolver conexões com outra disciplina (LISBOA, 2016, p. 281).

Logo no início do capítulo o texto de DC intitulado “*Geoprocessamento*”⁴⁹ (figura 38) entrou no LD por meio de trechos em um *boxe* interdisciplinar (Química e Geografia). Os assuntos principais do texto se referem à explicação do que seria o geoprocessamento (conjunto de tecnologias para coletar e tratar informações espaciais), como o foco no sensoriamento remoto que coleta imagens de satélites. “Esta técnica se baseia na análise do fluxo de energia que é captada pelos sensores em diferentes faixas do espectro eletromagnético.” (LISBOA, 2016, p. 247).

⁴⁹ A versão completa do texto pode ser consultada em:
<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/tutorial/licao1.pdf>

Figura 38 - Texto de DC sobre geoprocessamento inserido no livro didático

QUÍMICA E GEOGRAFIA

Geoprocessamento

[...] O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico.

[...]

[...] O sensoriamento remoto nos ajuda a coletar informações de uma área sem entrar em contato direto com ela [...]. Isto pode ser feito através de fotografias aéreas ou por imagens de satélites [...].

[...]

As imagens de satélites são obtidas por sensores remotos que captam diferentes intensidades de luz refletida [...]. Esta técnica baseia-se na análise do fluxo de energia que é captada pelos sensores em diferentes faixas do espectro eletromagnético [...]. Esta energia, utilizada em sensoriamento remoto, é chamada de radiação eletromagnética [...].

INPE. Geoprocessamento. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividade/cep/educasere/tutorial/licao1.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2016.



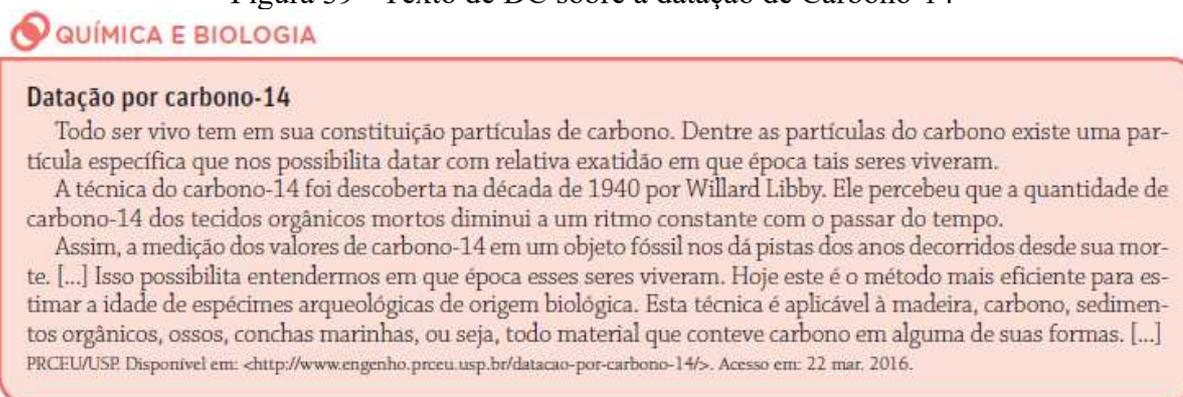
Os satélites de geoprocessamento detectam radiações para fornecer dados sobre localização.

Fonte: Lisboa (2016, p. 247)

Não houve uma mediação proposta em relação a este *boxe* e não percebemos relações do mesmo com o capítulo, parece ser uma inserção artificial, muito distante das discussões sobre radioatividade. Até mesmo, ao consultar a versão completa do texto não encontramos em nenhum momento qualquer relação. De fato, a utilização de técnicas de geoprocessamento pode ser usada no mapeamento radiométrico de grandes áreas (DIAS; SILVA, [s.d.]), ou para realizar avaliações dos níveis da radioatividade em áreas de exploração de petróleo (PETTA; CAMPOS, 2013). No entanto, este texto de DC não se aproxima destas discussões, tão pouco se liga ao seu contexto de inserção no livro, que neste caso entrou no tópico “descoberta da radioatividade e suas leis”.

Outro caso em que houve a inserção do texto de DC por meio de um *box* interdisciplinar (Química e Biologia) foi no tópico “*Datação com Carbono-14*” (o exemplo desta inserção pode ser visto na figura a seguir). O *boxe* é composto por trechos de um texto de DC⁵⁰ e é apresentado na figura 39.

Figura 39 - Texto de DC sobre a datação de Carbono-14



QUÍMICA E BIOLOGIA

Datação por carbono-14

Todo ser vivo tem em sua constituição partículas de carbono. Dentre as partículas do carbono existe uma partícula específica que nos possibilita datar com relativa exatidão em que época tais seres viveram.

A técnica do carbono-14 foi descoberta na década de 1940 por Willard Libby. Ele percebeu que a quantidade de carbono-14 dos tecidos orgânicos mortos diminui a um ritmo constante com o passar do tempo.

Assim, a medição dos valores de carbono-14 em um objeto fóssil nos dá pistas dos anos decorridos desde sua morte. [...] Isso possibilita entendermos em que época esses seres viveram. Hoje este é o método mais eficiente para estimar a idade de espécimes arqueológicas de origem biológica. Esta técnica é aplicável à madeira, carbono, sedimentos orgânicos, ossos, conchas marinhas, ou seja, todo material que conteve carbono em alguma de suas formas. [...]

PRCEU/USP. Disponível em: <<http://www.engenho.prceu.usp.br/datacao-por-carbono-14/>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

Fonte: Lisboa (2016, p.251)

Quando observamos o contexto da inserção deste *boxe*, percebemos que não houve grande influencia em acréscimos de conceitos em relação a radioatividade, isto porque praticamente todas as informações contidas no *boxe* aparecem no próprio texto do LD que o antecede.

Podemos inferir que a função desse *boxe*, trazendo um texto externo de DC, neste momento, é apenas para realizar uma inserção histórica, mesmo que bastante limitada, pois

⁵⁰ A versão completa do texto pode ser consultada em: <http://www.engenho.prceu.usp.br/datacao-por-carbono-14/>

logo no início do *boxe* há a citação a Willard Libby, pesquisador responsável por descobrir esta técnica no ano de 1940. Todas as outras informações são gerais e já aparecem de alguma forma na explicação anterior ao *boxe* do capítulo. Outra função seria a de reforçar o caráter prático de uma aplicação da radioatividade, ao utilizar isótopos radioativos para datar fósseis e objetos antigos. Desta forma, este *boxe* é mais um caso em que como apontamos no tópico anterior, apresenta uma aplicação que mostra implicitamente a radioatividade como fato, algo real, que pode ser utilizada como uma técnica de datação.

Mais um *boxe* interdisciplinar (Química e Física) foi inserido no LD no tópico Fusão nuclear. O título do *boxe* é “*A fusão nuclear e as estrelas*”, que consiste em trechos do texto de DC, “*O vaivém da fusão nuclear*”⁵¹, como pode ser visualizado na figura 40.

Figura 40 - Texto de DC sobre fusão nuclear inserido no livro didático

QUÍMICA E FÍSICA

A fusão nuclear e as estrelas

Com exceção da energia escura, cuja origem ainda é um mistério, virtualmente toda a energia do universo surge em processos de fusão nuclear. No Sol e em outras estrelas, isso ocorre por meio de uma reação em cadeia que se inicia com a fusão de dois prótons, que gera um dêuteron (núcleo do deutério, um isótopo do hidrogênio), um elétron e um neutrino, responsável pela liberação de energia. O dêuteron contém um próton e um nêutron. Portanto, além de liberar energia (por meio do neutrino), essa reação origina o nêutron e o elétron.

Depois, o dêuteron combina-se com outro próton para formar o hélio-3 [...], que, por sua vez, se junta a outro hélio-3 para formar o hélio-4 [...] e dois prótons. As combinações continuam a ocorrer sucessivamente [...].

Algumas dessas reações são corriqueiramente reproduzidas em laboratório. Entre todas as possibilidades, a que apresenta maior potencial de aproveitamento energético é a que envolve o dêuteron (D) e o trítio (T), que contém um próton e dois nêutrons. O problema é dominar essa tecnologia de modo que o balanço energético seja positivo em quantidade apreciável. Isto é, a energia gasta para produzir a reação deve ser menor do que a energia liberada.

Em todas essas reações, a energia liberada pode ser calculada a partir da equação de Einstein: $E = mc^2$. [...]

SANTOS, C. A. O vaivém da fusão nuclear, 29/6/2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/do-laboratorio-para-a-fabrica/o-vaivem-da-fusao-nuclear/>>. Acesso em: 23 mar. 2016.



Colisão de galáxias. Imagem do telescópio Hubble, 2008.

NASA, ESA, the Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration, and A. Evans (University of Virginia, Charlottesville/NITC/Sony Book, Universit

Fonte: Lisboa (2016, p. 259)

Os principais assuntos deste texto apresentam esse processo como responsável pela energia do universo, dando exemplos das reações em cadeia que ocorrem naturalmente no sol e em outras estrelas. O *boxe* age como uma estratégia complementar as explicações conceituais apresentadas anteriormente, relacionando os conceitos e seu funcionamento com fenômenos que acontecem no sol e nas estrelas, possibilitando a associação com algo mais “aplicável”. As relações aqui são mais distantes, quando falamos ao fato da radioatividade,

⁵¹ A versão completa do texto pode ser consultada em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/o-vaivem-da-fusao-nuclear/>

todavia a fusão nuclear deriva dos estudos primários da radioatividade e, por conseguinte, o estudo das reações nucleares.

Além dos *boxes* que estabelecem relações com outras disciplinas, em geral disciplinas da fronteira de conhecimento de química, o livro traz outros tipos de boxes como: *Química tem história; Saiba mais; Você se lembra? e Exercícios resolvidos*. Duas outras formas de inserção (Figura 41) de textos de DC neste LD foram por meio do *boxe*: “*Saiba Mais*” que “apresenta aplicações da Química no cotidiano e curiosidades, entre outros assuntos pertinentes ao tema do capítulo” (LISBOA, 2016, p. 282). O primeiro texto, intitulado: “*Elementos transurânicos*” foi inserido no LD por meio de trechos de um texto de DC⁵², ao lado da explicação do tópico sobre este mesmo assunto.

Figura 41 - Textos de DC inseridos por meio de boxes "Saiba Mais"

⁵² A versão completa do texto pode ser consultada em:
<http://www.s bq.org.br/publicacoes/beletronico/bienio1/boletim86.htm>

SAIBA MAIS

Elementos transurânicos



Lawrence Berkeley Lab
Science Photo Library
Lafayette

O cientista
Glenn T.
Seaborg
(1912-1999)
em seu local
de trabalho.

Glenn T. Seaborg foi um dos cientistas que mais contribuíram para reescrever a Tabela Periódica dos elementos e o único a ser homenageado em vida com o nome de um elemento químico. [...]

[...] ao cursar Química no 2º ano do ensino médio, foi imediatamente atraído para uma carreira em ciências exatas [...].

[...]

Após dar aulas em Berkeley por alguns anos, Seaborg se afastou para chefiar a seção que trabalhava com os elementos transurânicos dentro do Projeto Manhattan (responsável pelo desenvolvimento da bomba atômica durante a 2ª Guerra Mundial). [...]

[...]

As pesquisas de Seaborg sobre os elementos transurânicos culminaram com o recebimento do prêmio Nobel de Química de 1951, juntamente com o físico da UCB Edwin M. McMillan (1907-1991). Este e Philip H. Abelson, em 1940, foram os primeiros a provar a existência de um elemento transurânico, por eles denominado de netúnio. [...] Seaborg [...] conseguiu isolar e identificar o plutônio e outros quatro elementos. Após ganhar o prêmio Nobel, ele ainda esteve envolvido na descoberta de mais cinco elementos.

[...] em 1997, o elemento 106 foi denominado seabórgio em sua honra. [...]

Faleceu Glenn Seaborg (1912-1999).
Boletim Eletroênico SBQ, n. 86. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/publicacoes/boletim/eboletim86.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

SAIBA MAIS

O acidente de Fukushima



REUTERS/Lafayette

Imagens do acidente na usina de Fukushima. Fotos de 2011.

No dia 11 de março de 2011, o Nordeste do Japão foi atingido por um terremoto de 9 graus na escala Richter. [...] Foi o maior terremoto de que se tem registro histórico a atingir uma área densamente povoada e com alto desenvolvimento industrial. [...]

A maior parte das construções e todas as instalações industriais com riscos de explosões e liberação de produtos tóxicos ao meio ambiente, tais como refinarias de óleo, depósitos de combustíveis, usinas termoeletricas e indústrias químicas, localizadas na região atingida colapsaram imediatamente, causando milhares de mortes e dano ambiental ainda não totalmente quantificado. [...]

A onda gigante (*tsunami*) que se seguiu ao evento inviabilizou todo o sistema *diesel* de emergência destinado à refrigeração de 4 reatores da Central Fukushima-Daiichi e os levou ao *status* de grave acidente nuclear, com perda total dos 4 reatores envolvidos, devido ao derretimento dos seus núcleos e com liberação de radioatividade para o meio ambiente após explosões de hidrogênio [...].

[...]

De acordo com os especialistas em radiação, as emissões decorrentes do acidente não atingiram níveis que possam causar danos irreparáveis ao meio ambiente ou à saúde das pessoas (mesmo para os trabalhadores envolvidos nos processos de emergência).

Eletrobras O acidente nuclear na Central de Fukushima Daiichi. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/SaibaMais/PerguntasFrequentes/Temasgerais/acidente-naCentraldeFukushima.aspx>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

Fonte: Lisboa (2016, p. 254-257)

No *boxe* a discussão está voltada para a relevância das pesquisas de Glenn T. Seaborg, no trabalho com os elementos transurânicos. Apresenta também aspectos relacionados à sua vida e trajetória profissional, formação, trabalho, projetos e até mesmo o recebimento do prêmio Nobel de Química de 1951, juntamente com o físico Edwin M. McMillan. Sobre este *boxe* apresentado na figura anterior, “Elementos transurânicos”, encontramos uma recomendação no manual do professor em relação a sua utilização, deixando-a como algo opcional.

Se possível, comente sobre os elementos transurânicos: formados por átomos de núcleo instável, muitos deles possuem tempo de meia vida extremamente pequenos. A meia vida, por exemplo, de alguns isótopos do elemento Mt ($Z=109$), é menor que um segundo- o isótopo ^{266}Mt possui meia vida de apenas $3,4 \times 10^{-3}$ s. Se julgar oportuno, utilize o *boxe* Saiba Mais da página 254 (LISBOA, 2016, p. 334).

Observamos que o principal papel do *boxe* foi realizar uma abordagem histórica sobre a influência e contribuição das pesquisas deste determinado cientista na produção de conhecimentos sobre os elementos transurânicos. Não houve uma relação direta do *boxe* com o fato da radioatividade, mas sim uma complementação a uma informação inserida logo no final da explicação conceitual sobre os elementos transurânicos no LD: “Em 1945, Glenn T. Seaborg publicou a primeira Tabela Periódica na qual novos elementos químicos estavam incluídos” (LISBOA, 2016, p. 254). Novamente aqui há a relação entre fatos, como fortalecimento deste fato e do estilo de pensamento que o sustenta.

O segundo *boxe* que foi alocado no LD por meio do *boxe* “Saiba Mais”, fez parte do tópico “Reator Nuclear”, intitulado como: “o acidente de Fukushima”, sendo trechos de um texto de DC⁵³. Como o próprio título remete, neste *boxe* há a discussão de como ocorreu o acidente no Japão em decorrência do maior terremoto registrado até então. Apresenta também o que ocasionou o acidente nuclear e também que as emissões decorrentes do acidente não causaram danos irreparáveis ao meio ambiente e a saúde das pessoas.

Não houve a sugestão de alguma mediação para a utilização deste *boxe* nem durante sua inserção no capítulo, ou no manual do professor. Todavia, a partir de nossa análise entendemos que o principal papel deste *boxe* foi retomar alguns conceitos abordados

⁵³ A fonte deste texto não se encontra disponível.

anteriormente, como o de reator nuclear e seu funcionamento. Acreditamos que, ao trazer uma situação real sobre a utilização de um reator nuclear e, ainda, as limitações da sua utilização, há uma ampliação de um conceito trabalhado anteriormente, estabelecendo-se outras relações.

Se pensarmos na relação com o fato da radioatividade podemos dizer que as reações nucleares, neste caso que ocorrem em um reator nuclear, estão intimamente relacionadas com a radioatividade no que diz respeito ao material radioativo utilizado como combustível nas usinas nucleares. Geralmente o urânio enriquecido, pode emitir partículas e ondas com o objetivo de atingir estabilidade, sendo que neste processo há grande liberação de energia. Assim, a partir do aquecimento do núcleo do reator, devido a falhas no sistema de resfriamento, houve liberação de gases (os quais possuem materiais radioativos) para evitar explosão do vaso de contenção do reator, além do vazamento de água do sistema de refrigeração que possuía materiais radioativos.

Sobra essa forma de alocação dos textos de DC (na forma de *boxes*) podemos fazer ainda outras considerações. Como já discutido no capítulo 3, estes tráfegos textuais que compõem o hibridismo do LD possuem como uma condição de produção, requisitos pré estabelecidos pelo PNLD. Observamos que os *boxes* atendem de maneira explícita alguns destes requisitos, à medida que trazem os textos de DC em diferentes abordagens, como a relação da Química com outras disciplinas, isto é, com a Física e Biologia, aspectos da história da ciência e contextualização da radioatividade, por meio de suas aplicações.

4.6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo, desenvolvemos uma análise e discussão sobre a textualização do fato científico da radioatividade pela entrada de textos de DC em livros didáticos de química, discutindo as características do texto propriamente dito e seu papel epistemológico sobre o fato da radioatividade em cada tráfego textual. É importante diferenciar que as várias formas de coerção e textualização dos fatos, apontadas por Fleck (2010), nos periódicos, ainda não há fatos, apenas predisposição aos fatos, os fatos só existem nos manuais, e de determinada forma, na ciência popular.

Se entendemos por fato apenas algo firme e comprovado, ele existe somente na ciência dos manuais: antes, no estágio do sinal solto de resistência da ciência dos periódicos, ele é, na verdade, apenas predisposição do fato.

Depois, no estágio do saber cotidiano e popular, ele se torna carne: uma coisa imediatamente perceptível, isto é, realidade (FLECK, 2010, p. 179)

Como vimos a heterogeneidade/hibridismo textual dos LDs pela entrada da DC trabalha essas diferentes formas. Nos dois livros didáticos analisados, Novais e Antunes (2016) e Lisboa (2016) observamos certas regularidades nas formas de entrada e alocação dos textos de DC nos capítulos sobre radioatividade, as quais categorizadas em exercícios, inserções no decorrer das explicações do capítulo e a entrada por meio de boxes.

Vimos que, na maioria das vezes, essas entradas atuaram como tráfegos intracoletivos em relação ao fato da radioatividade, fortalecendo o estilo de pensamento: pela associação da radioatividade enquanto fato, a outros fatos científicos que apareciam de maneira explícita no próprio texto de DC e/ou por meio da mediação no final destes textos, por meio de exercícios e/ou questões. Observamos também em alguns casos, relações mais implícitas com o fato da radioatividade, como por exemplo:

- Textos que trataram de questões éticas do trabalho do cientista e acidentes nucleares;
- Feridos e mortos pela explosão da bomba atômica em Hiroshima;
- Contaminação do ambiente e de pessoas a partir do acidente envolvendo uma cápsula com Césio-137, bem como a geração de toneladas de rejeitos radioativos. Além da negligência de setores públicos em relação ao ocorrido;
- Prevenção de doenças relacionadas ao vetor do *Aedes aegypti*;
- Identificação e interpretação de rótulos de alimentos para entender as informações nutricionais de alimentos que passaram pelo processo de irradiação;
- Questões de gênero, associadas ao papel das mulheres na ciência e os percalços que as mesmas enfrentaram e ainda enfrentam em suas carreiras.

Entender essa textualização da ciência popular e DC é importante pois, a relação entre texto e fato científico, se dá por meio de movimentos, tráfegos/trânsitos de ideias, entre o círculo esotérico e exotérico. Destacamos neste capítulo a ciência popular, porque nela reside uma relação mais estreita da ciência com a sociedade na forma de DC e um de seus papéis constitutivos está no fortalecimento do estilo de pensamento pela forma com que os fatos científicos são textualizados.

Além disso, fatos dependem de um estilo de pensamento. Assim, um novo estilo, precisa se constituir simultaneamente a um novo coletivo e um novo coletivo só é formado por tráfegos de ideias e pensamentos (compartilhando uma experiência) e só é mantido por

suaves “coerções para dentro” incluindo a formação de novos sujeitos. As formas de textualização responsáveis por cuidar dessa formação, seriam os manuais e livros didáticos, somente neles os fatos se encontram estabilizados e bem-acabados.

Vemos assim o papel constitutivo da ciência popular na construção do fato e manutenção do estilo de pensamento. Atuaria na construção porque os fatos só se tornam carne como algo perceptível na sociedade na ciência popular, daí a função dos textos de DC.

Os livros didáticos e manuais utilizados na iniciação são, para Fleck, em primeiro plano, uma doutrinação que consagra o coletivo de pensamento (MASSONI; MOREIRA, 2015, p. 26). Fleck caracteriza a coação subjacente no conceito de fato em sua linguagem conceitual por “coação exercida no pensamento” (*Denkzwang*) (SHAFER; SCHNELLE, 2010).

Qualquer introdução didática, portanto, é literalmente uma “condução-para-dentro”, uma suave coação. /.../ A iniciação em um estilo de pensamento, portanto também a introdução em uma ciência, são epistemologicamente análogas àquelas iniciações que conhecemos da etnologia e da história cultural. Não surtem apenas um efeito formal: o Espírito Santo desce no novato e algo até então invisível se lhe torna visível. Esse é o efeito da assimilação de um estilo de pensamento.” (FLECK, 2010, p. 173).

Nos LDs, o fato aparece pela entrada da ciência popular/DC, do saber cotidiano, na forma de aplicações em diversos âmbitos da sociedade, na questão de produção de energia por meio das usinas nucleares, medicina, agricultura e outras formas (acidentes nucleares, acidente com césio-137). Além da forma de tráfegos intracoletivos, que reforçam o fato da radioatividade relacionando a outros fatos científicos e sociais. Para Fleck (2010, p. 168), “Certeza, simplicidade, plasticidade somente surgem do saber popular, pois o especialista busca nele a crença nesses valores enquanto ideal do saber. Aí reside a importância epistemológica geral da ciência popular”. Assim, esses textos de DC presente nos LDs, com suas característica e função epistemológica, associada às funções didáticas, participam da “coerção para dentro” a qual Fleck se refere.

4.7 REFERÊNCIAS

- BENSAUDE-VINCENT, B. Textbooks on the map of science studies. **Science & Education**, 15(7-8), 667 - 670, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: dados estatísticos**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>. Acesso em: jul. de 2020.
- BROCKINGTON, G; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n.3, p. 387 - 404, 2005.
- BRORSON, S.; ANDERSEN, H. Stabilizing and changing phenomenal worlds: Ludwik Fleck and Thomas Kuhn on scientific literature. **Journal for General Philosophy of Science**, v. 32, n. 1, p. 109 - 129, 2001.
- CHEVALARD, Y. **La Transposición Didáctica**. Buenos Aires: Aique, 1991.
- DIAS, D. C. S.; SILVA, N. C.; **A IMPORTÂNCIA DO GEOPROCESSAMENTO NAS MONITORAÇÕES RADIOMÉTRICAS**, Laboratório de Poços. Disponível em: http://pelicano.ipen.br/pibic/cd-virtual/2010%20%20AUGUSTO%20RUSCHI/pdf/lapoc_04_resumo.pdf. Acesso em: jun. de 2020.
- FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.
- GARCÍA-BELMAR, A.; BERTOMEU-SÁNCHEZ, J. R.; BENSAUDE-VINCENT, B. The power of didactic writings: French chemistry textbooks of the nineteenth century. **Pedagogy and the practice of science: Historical and contemporary perspectives**, p. 219 - 251, 2005.
- LISBOA, J. C. F. **Coleção, Ser Protagonista: química**, vol. 2: ensino médio. 3. Ed. São Paulo: edições SM, 2016.
- MAIA, C. A. Realismo científico e construtivismo sócio-linguístico em Bruno Latour e Ludwik Fleck. **Atas do VII ESOCITE**, 2009.
- MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. A epistemologia de Fleck: uma contribuição ao debate sobre a natureza da ciência. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 237 - 264, 2015.
- MELZER, E. E. M. As teorias de Chevallard e Fleck: relações entre a transposição didática e o tráfego de pensamentos. **Atas dos XII EDUCERE**, p. 460 - 474, 2015.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Coleção VIVA**. Editora positivo, vol. 1, 2, 3, 1. ed. 2016.

OLIVEIRA, B. J. **Os circuitos de Fleck e a questão da popularização da ciência**. In: CONDÉ, M. L. L. (org.). Ludwik Fleck: estilos de pensamento na ciência. Belo Horizonte, MG: Fino Traço, 2012.

PETTA R. A.; CAMPOS, T.F.C. Estimativa da Radioatividade Regional nas Instalações Petrolíferas e Industriais do Canto do Amaro (RN). **Revista de Geologia**, v. 26, n. 2, p. 35 - 44, 2013.

SCHAFER, L.; SCHNELLE, T. Fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck na teoria da ciência. In. FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

SILVA, H. C. **A noção de textualização do conhecimento científico**: veredas pelos Estudos da Ciência, conexões pela Educação em Ciências. In: SILVA, H. C. (org.). Ciências, seus textos e linguagens: ensaios sobre circulação e textualização de conhecimentos científicos e matemáticos. 1ª ed. Curitiba: CRV, p. 15 - 34, 2019.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, é necessário ressaltar aqui, que não consideramos as discussões tecidas nesta tese como finalizadas, ao contrário, acreditamos que muitos estudos podem ainda derivar desta pesquisa e até mesmo, diferentes olhares podem gerar outras interpretações sobre as discussões aqui apresentadas. Portanto, realizamos tais considerações abordando também a importância desta tese em relação ao panorama geral da Educação Científica.

Nosso principal objeto de pesquisa foi investigar como ocorre a entrada e a alocação de textos de DC inseridos em LDs de química, relacionados ao fato científico da radioatividade. Ao longo de nossa pesquisa defendemos a divulgação científica enquanto uma forma de textualização da ciência, que integra e articula, dimensões comunicacionais e epistemológicas em sua materialização. Assim, evidenciamos que textos de DC não podem ser compreendidos como uma tradução/reformulação/adaptação do discurso científico, porque na verdade o que há, derivando da teoria de Fleck na qual nos apoiamos, são diferentes textualizações da ciência. Desta forma, tanto uma textualização que faz parte da ciência dos periódicos, quanto uma que faça parte da ciência popular, são produzidas em condições diferentes, possuem características textuais distintas, bem como distintos papéis epistemológicos na constituição e manutenção de um fato científico. Logo, são textos que possuem um papel bidirecional em relação a produção e manutenção desses fatos, se pensada também do ponto de vista epistemológico e comunicacional.

Além da ciência popular, Fleck (2010) identifica outras categorias de textualizações da ciência: a ciência dos periódicos, a ciência dos manuais e a ciência dos livros didáticos. Observamos que esses tipos de textos atuam simultaneamente enquanto processo e produto, pois ao mesmo tempo que o conhecimento circula por eles, dão forma e têm papéis epistemológicos específicos na produção destes conhecimentos.

Desta forma, para serem gerados e mantidos, os fatos científicos dependem intrinsecamente de processos de circulação, ou tráfegos, entre os círculos esotérico e exotérico, que envolvem necessariamente diferentes textualizações.

No caso da gênese da radioatividade, como analisamos no capítulo 2 desta tese, as textualizações eram essencialmente ligadas à experimentação, pois era preciso formar um coletivo de uma nova experiência com a realidade, ou seja, tornar a experiência nova coletiva. Por ser algo novo e inicialmente nebuloso para a compreensão teórico/metodológica da época, os tráfegos intercoletivos iam alterando o estilo de pensamento dos cientistas, formando um

novo estilo, com elementos novos, quais sejam: átomos são compostos por partes (divisíveis), sendo uma delas o núcleo; átomos (núcleos) podem emitir grande quantidade de energia; a emissão de fragmentos do núcleo de certos átomos (elementos químicos) pode transformá-los em outros átomos (elementos químicos). A alteração do estilo de pensamento pelo tráfego é concomitante à gênese do novo fato científico, neste caso falamos no fato da radioatividade.

Em relação à estabilização dos fatos científicos, ou seja, ao processo de transformação da ciência provisória e dos periódicos para a ciência universalmente válida e coletiva dos manuais, Fleck (2010) destaca os seguintes aspectos,

[...] esse processo se manifesta, primeiro, como mudança no significado dos conceitos e na apresentação dos problemas, e, posteriormente, na forma da coleção de uma experiência coletiva, isto é, da gênese de uma disposição peculiar para uma percepção direcionada e de um processamento específico do percebido. Esse tráfego esotérico de pensamento se realiza, em parte, já dentro da pessoa do próprio pesquisador: ele dialoga consigo mesmo, pondera, compara e decide. Quanto menos essa decisão repousar na adaptação à ciência dos manuais, ou seja, quanto mais original e ousado o estilo de pensamento pessoal, tanto mais tempo durará até se completar o processo da coletivização dos seus resultados (FLECK, 2010, p. 174).

Assim, outras contribuições das discussões realizadas no capítulo 2 desta tese para área de Educação Científica, estão relacionadas ao estudo de um caso, em que mostramos evidências do papel dos tráfegos associados à formação de novo fato científico. A troca entre especialistas ocorreu por meio de comunicações constituindo a ciência dos periódicos, mas havia também a circulação da radioatividade na ciência popular já naquela época, por meio de jornais, revistas, folders (com propagandas), entre outras formas que tinham como maior foco por exemplo, apresentar benefícios da utilização de produtos contendo rádio, para saúde, beleza, etc. Mencionamos ainda, a circulação deste tema em algumas *Nobel lectures*, textos que para nós, abasteciam também o círculo exotérico, no sentido que possuíam características próximas à ciência popular em sua materialização, como a ausência de detalhes (se pensarmos nas práticas experimentais) e polêmicas.

Assim, podemos ainda retomar uma de nossas questões de pesquisa: *Como o tema da Radioatividade circula em livros didáticos de química por meio da entrada de Textos de Divulgação Científica?* Levando em consideração, que uma das formas em que o conhecimento científico circula na sociedade e chega até a Escola ocorrem por meio de diferentes tipos de textos, compreender este processo se torna importante. Entre estas formas,

está o encontro entre a DC e o LD, ou seja, livros didáticos de química para a educação básica atuais são na verdade compostos por vários textos, de fontes diferentes, e entre eles, aqueles que em geral são considerados de divulgação científica.

No modelo de Kuhn, os livros didáticos desempenham um papel estabilizador, incorporando o mundo fenomenal aceito e transmitindo-o às novas gerações.

[...] Ao contrário do relato de Kuhn, o relato de Fleck enfatiza a mudança não revolucionária do mundo fenomenal, que ele afirma ser devido a um fluxo contínuo de pensamentos e idéias. Para Fleck, o mundo fenomenal nunca é um mundo fixo, mas é continuamente remodelado por meio da circulação dentro e entre os estratos sociais e sua literatura. É por meio dessa circulação que as afirmações são provadas, os fatos se verificam e os pensamentos se tornam objetos da realidade. Consequentemente, os livros didáticos não servem meramente para transmitir um mundo fenomenal já estabelecido para a geração de novatos, mas são parte do processo contínuo de mudança do mundo fenomenal (BRORSON; ANDERSEN, 2001, p. 123).

Analisamos no capítulo 3 desta tese, a heterogeneidade de fontes provenientes da ciência dos manuais, da ciência dos periódicos e da ciência popular (com maior foco nesta última forma de textualização da ciência, pela entrada e alocação de textos de DC nos capítulos que abordam radioatividade em LDs de química) na relação de hibridismo de uma forma de textualização da ciência por outra. Assim, o hibridismo não significa apenas uma justaposição, mas um modo específico em que ocorrem os tráfegos nos levando a considerar os LDs analisados como híbridos textuais. O hibridismo do LD, portanto, representado a partir de nossas análises, revela um espaço de encontro entre diferentes círculos (esotérico e exotérico). Além disso, dado que as características mostradas neste capítulo são bem gerais e tendo em vista que a ciência dos manuais, a ciência dos periódicos e a ciência popular não entram somente nos capítulos sobre radioatividade, mas também em outros temas, podemos supor uma generalização de alguns subsídios para o uso e entendimento do papel destes textos em sala de aula, em especial sobre o conjunto de texto de fontes da ciência popular/ DC.

Como já mencionado, assumimos a DC como um processo marcado por um fluxo, movimento, trânsito e circulação de ideias, dentro da estrutura de produção de conhecimentos em nossa sociedade. Entendemos, desta forma, que a entrada e alocação dos textos de DC no LD produz efeitos sobre o fato científico da radioatividade, que circulam na esfera escolar. Diante disto, é pertinente retomar nossa segunda e terceira questão de pesquisa: *Em que condições de produção se dá o encontro entre Divulgação Científica e Livro Didático? E*

qual poderia ser o papel epistemológico destes textos em relação ao fato científico da Radioatividade?

A partir de nossas análises, destacamos o papel do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) como condição de produção que atuou como mediadora dos tráfegos textuais no LD. O PNLD, desde sua criação, tem selecionado e distribuído LDs em todos os níveis de ensino gratuitamente para as escolas públicas. O PNLD tem contribuído para redefinir os LDs na medida que, para serem aprovados, precisam atender a uma série de critérios definidos em editais.

Grande parte dos textos inseridos nos LDs se enquadraram aos requisitos do PNLD. Identificamos desta forma, a relação de tais elementos com os seguintes requisitos: questões de gênero, contextualização, utilização de imagens e esquemas, interdisciplinaridade, abordagem histórica e abordagem CTS.

Outro ponto em que esta tese pode contribuir para demais estudos da área de Educação em Ciências, se baseia nas discussões tecidas no capítulo 4 sobre a textualização do fato científico da radioatividade pela entrada de textos de DC, discutindo as características do texto propriamente dito e seu papel epistemológico sobre o fato da radioatividade em cada tráfego textual nos LDs analisados.

Percebemos que, na maioria das vezes, essas entradas atuaram como tráfegos intracoletivos em relação ao fato da radioatividade, fortalecendo o estilo de pensamento da seguinte forma: pela associação da radioatividade a outros fatos científicos que apareciam de maneira explícita no próprio texto de DC e/ou por meio da mediação no final destes textos, através de exercícios e/ou questões ressaltando conceitos como, transmutação, decaimento radioativo, meia vida, elementos transurânicos, entre outros fatos científicos. Observamos também em alguns casos, relações mais implícitas com o fato científico da radioatividade, associando as discussões a fatos sociais, como, a questão da produção de lixo nuclear, contaminação radioativa, irradiação de alimentos, etc.

Portanto, ao olhar para estes textos fomos além de suas características textuais, enquanto estrutura e forma, mas analisamos também sua função epistemológica, para entender este hibridismo, do ponto de vista da radioatividade enquanto fato científico. Dessa forma, observamos que o fato científico da radioatividade e de outros fatos científicos e sociais relacionados a ela, aparecem também pela entrada da ciência popular/DC, do saber cotidiano, na forma de aplicações em diversos âmbitos da sociedade nos LDs. Assim, esses textos de DC

presentes nos LDs, com suas características e função epistemológica, associada às funções didáticas, participam da “coerção para dentro” a qual Fleck se refere.

A entrada destes textos pode ser interpretada deste modo: trata-se de uma força de condução pra dentro, e de um fortalecimento do estilo de pensamento, ou seja, da realidade factual da radioatividade, mas não do fato em laboratório, mas do fato na vida social. Essa é a transformação que essa forma de textualização do LD sofre quando incorpora, por razões contextuais diversas, entre elas, o PNLD (e seus coletivos de pensamento no campo do ensino), elementos da ciência popular na forma de DC.

A existência de estudos sobre textos, que se preocupam com o processo de textualização e materialização do conhecimento, pode proporcionar como afirma Silva (2013), uma visão mais ampla e diferenciada destes textos envolvidos na produção científica, deslocando a centralidade do olhar nos conteúdos para as materialidades na produção de seus efeitos. Este campo pode favorecer elementos importantes quando desejamos entender um fato científico, neste caso a Radioatividade.

É importante problematizar também sobre a forma de entrada e alocação destes textos de DC nos LDs, já que muitas vezes o fato de o mesmo estar em um boxe, em um exercício, ou no fechamento de um capítulo modifica o papel daquele texto em sua relação com os conceitos ali trabalhados. No entanto, as mediações escolares da leitura dos textos de DC presentes no LD precisa considerar que em suas condições de produção, “fora” da escola, eles funcionam diferentemente, e é papel da escola formar sujeitos para lidar com tais textos ali em seu contexto de origem e circulação, para o que, a entrada e presença deles num LD talvez não seja suficiente.

Além disso, pensamos que as discussões desenvolvidas neste trabalho, podem contribuir também na formação inicial de professores de ciências, já que estes são os sujeitos que depois de formados ou até durante sua formação estão inseridos no contexto da sala de aula e lidam cotidianamente com o LD, principal objeto disponível a alunos e professores nas escolas.

É importante que o professor conheça as diversas potencialidades e limitações sobre a utilização destes textos, e que apostem na sua efetivação de maneira consciente. Como apresentamos também o fato de praticamente todos os textos de DC estarem disponíveis virtualmente, facilita o acesso do mesmo na íntegra pelo professor no preparo de suas aulas ou até mesmo dos estudantes em um momento de mediação destes textos durante as aulas e/ou se isto despertar sua curiosidade em outro momento que não seja a aula de química propriamente

dita. Além disso, o trabalho de apresentar aos estudantes esta gama de sítios, revistas e jornais disponíveis virtualmente podem incitar a prática e o costume de se tornar um leitor de assuntos sobre Ciência e Tecnologia, e discutir sobre a diversidade de fontes destes materiais.

Não se trata de pensar que os textos produzem fatos científicos, mas de pensar que as dinâmicas de produção/manutenção de fatos científicos, por serem dinâmicas sociais, históricas e coletivas, impescindem inevitavelmente dos textos. Fatos científicos são constituídos simultaneamente à constituição de coletivos de pensamento. Coletivos de pensamento que precisam ser mantidos e estendidos, pela circulação de fatos científicos.

Um novo estilo de pensamento, precisa se constituir simultaneamente a um novo coletivo e um novo coletivo só é formado por tráfegos de ideias e pensamentos (compartilhando uma experiência) e só é mantido por suaves “coerções pra dentro” incluindo a formação de novos sujeitos. As formas de textualização responsáveis por cuidar dessa formação, seriam os manuais e livros didáticos, somente neles os fatos se encontram estabilizados e bem-acabados.

Essa reflexão nos ajudou a pensar sobre o papel que o LD possui na sociedade enquanto um tipo de texto híbrido, um tipo de ciência. Ao analisar as características do fluxo/tráfego de uma forma de textualização do conhecimento científico (DC), para o LD de química fornecemos um entendimento, das implicações da constituição deste texto enquanto híbrido na relação com os temas, conceitos, aspectos sócio-científicos nas aulas de química, neste caso específico sobre Radioatividade.

Acreditamos que, a partir da perspectiva de Fleck (2010) e de historiados como Bensaude-Vincent (1990, 2006, 2007, 2009); García-Belmar e Simon (2016) e Olesko (2006) que se dedicam ao estudo dos LDs, tenhamos contribuimos para um novo olhar para o livro didático, ao considerá-lo como constitutivo da produção do conhecimento. Deste modo, ao explorar o LD em seu aspecto epistemológico, novas pesquisas podem ser feitas na área de Educação em Ciências, novas questões podem ser levantadas, ampliando assim, formas de trabalhar com os LDs, bem como com a multiplicidade de textos que o compõem.

5.1 REFERÊNCIAS

BENSAUDE-VINCENT, B. A historical perspective on science and its “others”. *Isis*, 100(2), 359-368, 2009.

BENSAUDE-VINCENT, B. A View of the Chemical Revolution through Contemporary Textbooks: Lavoisier, Fourcroy and Chaptal. *The British Journal for the History of Science*, 23(4), 435-460, 1990.

BENSAUDE-VINCENT, B. College Chemistry: how a textbook can reveal the values embedded in chemistry. *Endeavour*, v. 31, n. 4, p. 140-144, 2007.

BENSAUDE-VINCENT, B. Textbooks on the map of science studies. *Science & Education*, 15(7-8), 667-670, 2006.

BRORSON, S.; ANDERSEN, H. Stabilizing and changing phenomenal worlds: Ludwik Fleck and Thomas Kuhn on scientific literature. *Journal for General Philosophy of Science*, v. 32, n. 1, p. 109-129, 2001.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. tradução de Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira- Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

GARCIA-BELMAR, A.; SIMON, J. Education and textbooks. *Technology and culture*, v. 57, n. 4, p. 940-950, 2016.

OLESKO, K. M. Science Pedagogy as a Category of Historical Analysis: Past, Present, and Future. *Science & Education*. 15:863–880, 2006.

APÊNDICE A – Informações sobre os tráfegos textuais nos livros didáticos de Química em sua ordem de inserção em cada capítulo

Coleção do LD e Autor(es)	Tema do texto	Como o texto aparece no capítulo	Tipo e fonte do texto utilizado	Relação entre a forma do texto no LD e sua versão original citada
Coleção VIVA-Novae e Antunes (2016)	Experimento de Rutherford sobre a natureza das radiações emitidas por material radioativo	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Chemistry/ Chang R.	Imagem
	Ministério trata como prioridade questão nuclear no país, diz presidente do INB	Exercícios	Ciência Popular- Notícias/Agência Brasil	Trechos do original
	O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX	Quadro “Para situá-lo”	Periódico da área de Educação em Ciências- Qnesc	Trechos do original
	Representação do experimento de Rutherford mostrando a separação das radiações emitidas por um material radioativo	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Chemistry/ Chang R.	Imagem
	Representação da capacidade relativa de penetração dos três tipos de radiação naturais	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Chemistry y Chemical Reactivity/ Kotz, J. C. e Treichel Jr. P.	Imagem
	Radiofármacos	Exercícios	Ciência Popular- Notícias/Cnen	Trechos do original
	Acidente com Césio-137	Exercícios	Ciência Popular- Portal/G1	Trechos do original

Representação do funcionamento de um detector de fumaça	Quadro “Conexões”	Ciência dos Manuais- Chemistry y Chemical Reactivity/ Kotz, J. C. e Treichel Jr. P.	Imagem
Representação da fissão do ^{235}U	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Chemistry y Chemical Reactivity/ Kotz, J. C. e Treichel Jr. P.	Imagem
Representação da fissão nuclear, uma reação em cadeia	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Chemistry y Chemical Reactivity/ Kotz, J. C. e Treichel Jr. P.	Imagem
A bomba atômica e a guerra fria	Quadro “Conexões”	Ciência Popular/ Livro: Era dos extremos: o breve século XX- Hobsbawm E.	Trechos do original
Mulheres na Ciência	Quadro “Conexões”	Ciência Popular/ Livro: Mulheres que ganharam o prêmio Nobel em Ciências suas vidas, lutas e notáveis descobertas. Mc Grayne S. B.	Trechos do original
A maioria das mulheres cientistas desiste de suas carreiras- e a culpa é nossa	Quadro “Conexões”/ Exercícios	Ciência Popular- Revista Época	Trechos do original
Efeitos biológicos de com a dose de radiação	Inserido durante as explicações	Ciência Popular- sítio: <i>atomicarchive</i>	Quadro
Esquema de um reator nuclear	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Chemistry y Chemical Reactivity/ Kotz, J. C. e Treichel Jr. P.	Imagem
Efeitos da contaminação por radioisótopos no organismo humano	Inserido durante as explicações	Ciência Popular- Manual de biossegurança	Infográfico
Vírus Zika	Inserido durante as explicações	Ciência Popular- Notícias/Agência Brasil	Trechos do original

	O que é irradiação de alimentos?	Inserido durante as explicações	Ciência Popular- Revista Superinteressante	Trechos do original
	Franceses querem fechar “escola radioativa”	Exercícios	Ciência Popular- Jornal Folha de São Paulo	Adaptado do original
	Japoneses encontram elemento químico 113 da tabela periódica	Exercícios	Ciência Popular- Revista Veja	Trechos do original
	Bomba atômica	Exercícios	Ciência Popular- Jornal Estadão	Citado na íntegra
	Bomba de hidrogênio	Exercícios	Ciência Popular- Revista Pesquisa Fapesp	Trechos do original
	Desconhecimento sobre as propriedades de materiais radioativos	Exercícios	Periódico da área de Educação em Ciências- Qnesc	Adaptado do original
Coleção Química-Fonseca (2016)	Como Becquerel não descobriu a radioatividade	Inserido durante as explicações	Periódico da área de Educação em Ciências- Caderno Catarinense de Ensino de Física	Trecho do original
	Segurança de usinas nucleares é questionada em seminário no Senado	Abertura do capítulo “Foi notícia”	Ciência Popular- Senado/ notícias	Trecho do original
	Destinação de lixo nuclear preocupa participantes de seminário no Senado	Abertura do capítulo “Foi notícia”	Ciência Popular- Senado/ notícias	Trecho do original
	Aplicações pacíficas da radiatividade	Quadro “curiosidade”	Ciência Popular- IPEN/ notícias	Adaptado do original
	Séries radioativas naturais	Inserida durante as explicações	Ciência Popular- CNEN/ notícias	Imagem
	O experimento de	Inserido durante	Ciência dos	Imagem

Coleção Ser Protagonista-Lisboa (2016)	Rutherford	as explicações	Manuais- Chemistry y Chemical Reactivity/ Kotz, J. C. e Treichel Jr. P.	
	O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX	Quadro “Ciência Tecnologia e Sociedade”	Periódico da área de Educação em Ciências- Qnesc	Trechos do original
	O equívoco da aplicação do rádio	Quadro “Saiba mais”	Ciência dos periódicos- Dissertação de mestrado	Trechos do original
	Geoprocessamento	Box interdisciplinar- Química e Geografia	Ciência Popular-tutorial/INPE	Trechos do original
	Datação por carbono-14	Box interdisciplinar- Química e Biologia	Ciência Popular-dos Engenho dos Erasmus/USP	Trechos do original
	Elementos transurânicos	Box- Saiba mais	Ciência Popular-Boletim eletrônico da SBQ	Trechos do original
	A fusão nuclear e as estrelas	Box interdisciplinar- Química e Física	Ciência Popular-Revista Ciência Hoje	Trechos do original
	Lixo radiativo	Exercícios	Ciência Popular-Revista Superinteressante	Trecho do original
	Propriedades dos radionuclídeos: grupo dos actínídeos	Exercícios	Ciência Popular/livro de DC	Trechos do original
	Elementos transurânicos	Exercícios	Ciência Popular-Seara da ciência	Trechos do original
	O acidente de Fukushima	Box- “Saiba mais”	Ciência Popular-Notícias/Eletronbras	Trechos do original
	Fusão nuclear	Exercícios	Ciência dos Periódicos- Grupo de pesquisa em ensino de Física	Trechos do original
	Medicina nuclear	Exercícios	Ciência dos Periódicos/Revista Panamericana de saúde pública	Trechos do original
Raios-x e radioatividade	Exercícios	Periódico da área de Educação em	Trechos do original	

			Ciências-Qnesc	
	Acidente com Césio-137	Exercícios	Ciência Popular-Senado notícias	Trechos do original
	A Radioquímica e a idade da Terra	Quadro “Ciência Tecnologia e Sociedade”	Periódico da área de Educação em Ciências-Qnesc	Trechos do original
	Acidente nuclear de Fukushima	Exercícios	Ciência Popular-BBC news	Adaptado do original
Coleção Química- Ciscato et al. (2016)	Esquema do processo de fissão nuclear	Inserido durante as explicações	Ciência dos manuais- Chemistry: a molecular approach. Tro N.	Imagem
	Esquema do processo de fissão nuclear, ilustrando a deformação e fragmentação do núcleo	Inserido durante as explicações	Ciência dos manuais- Physics for scientists y engineers with Modern Physics- Giancoli D. C.	Imagem
	Esquema da reação em cadeia decorrente da fissão nuclear	Inserido durante as explicações	Ciência dos manuais- Chemistry: the central Science. Brown, T. E. et al.	Imagem
	Estimativa de emissão de dióxido de carbono para produção de eletricidade	Inserido durante as explicações	Ciência dos periódicos- Sovacool, B. K.	Quadro
	Percentual de geração de eletricidade por energia nuclear (2014)	Inserido durante as explicações	Ciência Popular-Notícia/Agência IAEA	Quadro
	Composição elementar do sol	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Fleming, T.	Quadro
	Possíveis estágios de uma estrela	Inserido durante as explicações	Ciência Popular-Química nuclear/Universidade da Califórnia	Imagem
	Fusão nuclear	Infográfico	Ciência Popular-Revista Pesquisa Fapesp	Imagem

	Mais perto da energia estelar	Quadro entre as explicações	Ciência Popular-Revista Ciência Hoje	Trechos do original
	Bomba atômica	Exercícios	Ciência Popular-portal G1	Trechos do original
	Processo de Irradiação	Exercícios	Ciência Popular-Revista Ciência Hoje	Trechos do original
	Número de nêutrons x número de prótons em núcleos estáveis	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Química, Brown, T. L. et al.	Imagem
	Fontes emissoras de radiação	Inserido durante as explicações	Periódico da área de Educação em Ciências- Jornal of Chemical Education.	Quadro
	Relação de radioisótopos utilizados em cintilografia	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Livro 'Medicina Nuclear'- Ziessman, H. A.	Quadro
	Tempo de meia vida de alguns radioisótopos	Inserido durante as explicações	Ciência dos Manuais- Chemistry/ Mc Murry, J. E. Fay, R. C.	Quadro
	Decaimento radioativo do tecnécio-99m	Inserido durante as explicações	Ciência Popular-Sítio/cyberphysics	Imagem
	A química do tempo: carbono 14	Inserido durante as explicações	Periódico da área de Educação em Ciências- Qnesc	Trechos do original
	Estimativa de cobertura ao tratamento de câncer por radioterapia em diversos países do mundo em 2012	Inserido durante as explicações	Ciência Popular-Jornal/Fronteiras em oncologia	Imagem
	Contaminação radioativa	Exercícios	Ciência Popular-blogspot	Imagem
Coleção Química-Mortimer e Machado (2016)	A descoberta da radioatividade	Inserido durante as explicações	Ciência dos periódicos- Comptes rendus de l' Académie des Sciences, Paris.	Trechos do original
	O casal Curie e a descoberta do Polônio e do Rádio	Quadro "Um pouco de História"	Ciência dos periódicos- Livro sobre autobiografia de Pierre Curie	Trechos do original

Fonte: Elaborada pela autora (2020).