

LEITURA E MEDIAÇÃO EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO SOBRE O EXPERIMENTO DE RUTHERFORD

Reading and Mediation in High School Physics Classes: A Study On the Experiment of Rutherford

Érica Talita Brugliato¹ [ericabrugliato@gmail.com]

Maria José P. M. de Almeida² [mjpma@unicamp.br]

¹Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/ Instituto Gleb Wataghin
R. Sérgio Buarque de Holanda, 777 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-859

²Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/Faculdade de Educação
R: Bertrand Roussen,

Resumo

Buscamos neste estudo, analisar o posicionamento de alunos do Ensino Médio após a leitura de um texto e da mediação da pesquisadora-professora sobre o tema bomba atômica. Nossa perspectiva de leitura visava oferecer espaço para que os alunos pudessem dialogar entre si, permitindo que os discursos produzidos apresentassem elementos de sua história de vida, indo além da simulação da leitura, em que os estudantes leem buscando pontos que lhes permitam responder um questionário que, geralmente, é aplicado concomitantemente. Nossa questão de estudo foi elaborada da seguinte forma: Como a leitura de um texto de Divulgação Científica sobre o modelo atômico de Rutherford, por estudantes do Ensino Médio, pode contribuir para que eles produzam sentidos sobre elementos relacionados com a bomba atômica? Na atividade analisada, os alunos leram um texto de divulgação científica. Acreditamos que o uso desse texto sobre o modelo atômico de Rutherford possibilitou que os alunos se envolvessem com o tema da bomba atômica e produzissem sentidos que lhes possibilitaram realizar uma ligação entre esses dois temas.

Palavras-chave: Ensino de Física, Análise do discurso, Bomba atômica.

Abstract

In this study, we analyzed the positioning of high school students after the reading of a text and the mediation of the researcher-teacher on the topic atomic bomb. Our perspective of reading aimed at providing space for students to talk to each other, allowing the discourses produced to present elements of their life history, going beyond the reading simulation, in which students read searching for points that allow them to answer a questionnaire that is usually applied concomitantly. Our study question was elaborated as follows: How can the reading of a popular scientific text disclosure about Rutherford's atomic model by high school students contribute to their making sense of elements related to the atomic bomb? In the analyzed activity, the students read a popular scientific text divulgation. We believe that the use of this text on Rutherford's atomic model enabled students to engage with the atomic bomb theme and produce meanings that enabled them to make a connection between these two themes.

Keywords: Physical education, Discourse analysis, Atomic bomb

1. Introdução

O Ensino de Física, assim como o de outras ciências consideradas exatas, vem, costumeiramente, sendo trabalhado em grande parte das escolas, de maneira que, os alunos se sintam como parte de um sistema de educação no qual o professor vai à frente da sala de aula e simplesmente “passa” o conhecimento que deve ser por eles absorvido, não se considerando o que já trazem de suas histórias de vida. Com isso o aprendizado pode ser limitado e também dificultado, pois, o estudante não tem a oportunidade de expor suas visões sobre o que está sendo apresentado.

Buscando propor uma atividade na qual o aluno possa se colocar como parte fundamental do seu aprendizado, olhamos, neste artigo, para uma aula na qual utilizamos um texto de Divulgação Científica sobre o Modelo Atômico de Rutherford, para se trabalhar o tema da Bomba Atômica com alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da região de Campinas-SP.

Com relação à leitura, é importante considerar que os alunos não são todos iguais, eles têm gostos diferentes, histórias de vida diferentes e, conseqüentemente, se interessam por coisas diferentes. Segundo Almeida, Cassiani e Oliveira (2008):

[...] toda leitura tem sua história (em épocas diferentes lemos de formas diversas um mesmo texto) e todo leitor tem sua história de leitura (as leituras já feitas determinam um nível de compreensão do leitor durante a leitura de um texto). Com esse entendimento, concluímos pela necessidade de, no ensino escolar, contribuir para a construção da história de leitura dos estudantes, estabelecendo relações intertextuais e resgatando a história dos sentidos do texto (p. 71).

Este artigo faz parte de um estudo maior que abrangeu o uso de diferentes tipos de discursos em sala de aula, buscando possibilitar que os alunos pudessem se identificar com determinado tipo, não limitando o ensino a um único texto pré-estabelecido pelo professor. Porém, cabe destacar que o uso de diferentes tipos discursivos em sala de aula, aqui analisado com ênfase na Divulgação Científica, não deve ser feito de maneira ilusória. Nas aulas de Física, é comum observar que, quando se busca introduzir a leitura de um texto em aula, isso acarreta muitas vezes o que Silva (1997) define como *simulação de leitura*, uma vez que o objetivo de interpretar o texto não é atingido. Na verdade, muitas vezes é feito apenas um processo de busca no texto para que se consiga responder questões que são formuladas sobre esse texto.

Tentamos em nossas aulas provocar algo diferente da *simulação de leitura*, permitindo que os alunos deixassem emergir os conhecimentos que possuíam, por meio do diálogo com os colegas de sala e com a pesquisadora-professora. Acreditamos que esse espaço oferecido para o aluno poderia, ainda, ser um aliado na motivação dos estudantes para adquirirem novos conhecimentos

Tendo em vista essa proposta, buscamos, neste trabalho, responder a seguinte questão:

1) *Como a leitura de um texto de Divulgação Científica, sobre o modelo atômico de Rutherford, por estudantes do Ensino Médio, pode contribuir para que eles produzam sentidos sobre elementos relacionados à bomba atômica?*

Diversos autores já vêm desenvolvendo trabalhos que abordam o uso da Divulgação

Científica em sala de aula nos diferentes níveis de ensino. Dentre eles, citamos: Almeida e Ricon, 1993; Silva, 1998; Peticarrari et al, 2010; Rocha, 2012; Zanotello e Almeida, 2013; e Silva e Almeida, 2014. Nossa proposta aborda um tema diferente e uma situação que não é comum, em que o assunto proposto pelo texto escolhido não coincide com o proposto para o trabalho. Admitimos que, assim, os alunos teriam maior liberdade para trazer os conhecimentos que já possuíam.

O apoio metodológico utilizado nesta pesquisa é baseado nas noções da Análise de Discurso, originalmente apresentada por Michael Pêcheux, sendo que utilizamos basicamente as coerentes com as propostas por Eni Orlandi.

Para se expressar, os locutores, que no caso deste trabalho são os alunos, se apoiam em repetições as quais determinam o efeito de sentido produzido. Essas repetições são de três tipos conforme descrito por Orlandi (2006).

- a) Repetição empírica: exercício mnemônico que não se historiciza (efeito papagaio)
- b) Repetição formal: técnica de produzir frases, exercício gramatical que também não se historiciza.
- c) Repetição histórica: a que inscreve o dizer no repetível (interpretável) enquanto memória constitutiva (interdiscurso). (p. 24)

Portanto, temos que os alunos podem realizar o processo de repetição empírica, que consiste na simples “repetição” do discurso. Ou seja, eles buscam no texto palavras que aparecem no que lhes foi perguntado e copiam esse trecho. Consideramos que nessa situação, possivelmente pode não haver indícios de produção de sentido, mas sim de uma simulação de leitura. Ainda nesse caso, da repetição empírica, transpondo a teoria apresentada por Orlandi (2006) para uma situação de sala de aula, o fato do aluno conseguir localizar um trecho que responde coerentemente o que lhe foi perguntado deve ser valorizado. Isso porque ele selecionou entre diversos trechos que poderiam apresentar palavras semelhantes ao que foi perguntado, mas o saber identificar qual é o melhor pode ser um indício de que o aluno está participando da aula.

Os estudantes podem, ainda, utilizar a repetição formal, na qual identificam no texto a resposta para o que lhes foi perguntado, porém a modificam para responder. Ou seja, selecionam um trecho e o dizem com outras palavras. Por uma tradição do ensino, isso costuma ser bastante valorizado nas escolas. Assim como no caso anterior, a resposta do aluno deve ser valorizada, e seu esforço reconhecido.

Por fim, temos a repetição histórica, na qual o aluno se baseia em algo além do texto para responder, ou seja, a sua resposta relaciona o texto com conhecimentos anteriores que ele já possuía. Apenas nesse caso, Orlandi considera que ocorre a efetiva produção de sentidos.

Pensando na noção de discurso, Orlandi (1994), apresenta em seu trabalho uma breve introdução ao assunto:

Vamos definir diretamente o discurso como efeito de sentido entre locutores. [...]pensamos o discurso como efeito de sentidos entre locutores, temos de pensar a linguagem de uma maneira muito particular: aquela que implica considerá-la necessariamente em relação à constituição dos sujeitos e à produção dos sentidos. Isto quer dizer que o discurso supõe um sistema significativo, mas supõe também a relação deste sistema com sua exterioridade já que sem história não há sentido, ou seja, é a inscrição da história na língua que faz com que ela signifique. Daí os

efeitos entre locutores. (ORLANDI, 1994, p.53).

Em outro trabalho, Orlandi (2006) evidencia que, quando nos referimos a um discurso estamos pensando em mais do que na simples transmissão das informações, buscamos a produção de sentidos entre quem elaborou o discurso e aquele que o recebeu.

Para essa produção de sentidos é necessário se considerar a não transparência da linguagem. Esse processo implica na importância de se pensar as condições de produção do discurso:

Pensar o texto em seu funcionamento é pensa-lo em relação às suas condições de produção, é ligá-lo à sua exterioridade. Esta ligação, no entanto, não coloca o texto como documento no qual veríamos ilustrados os sentidos já constituídos em outro lugar, mas como monumento, como diria Foucault, em que a própria textualidade traz nela mesma sua historicidade, isto é, o modo como os sentidos se constituem, é considerando a exterioridade inscrita nela e não fora dela. (ORLANDI, 2006, p. 16).

Quer dizer, ao procurar compreender um discurso, deve-se ter em mente entre outras coisas, os conhecimentos do interlocutor, sua história de vida e o local em que ele se encontra.

Essa rede de considerações no processo de produção de sentidos, recai sobre o fato das pessoas não terem os mesmos conhecimentos, nem a mesma história de vida. Essa diferença entre os sujeitos faz com que exista uma pluralidade de interpretações. Assim, não podemos falar de **um** sentido para o discurso, mas sim, **do** sentido que foi produzido pelo interlocutor. Isso define a linguagem como não transparente.

Neste estudo, vamos analisar a leitura de um texto sobre o átomo de Rutherford e a produção de sentidos pelos alunos sobre elementos da bomba atômica. Em um primeiro momento, essa relação pode parecer difícil de ser realizada, entretanto, pensando historicamente no processo que levou Rutherford a formular sua teoria atômica e no funcionamento da bomba atômica, podemos encontrar pontos em comum.

2. **A bomba atômica e o átomo de Rutherford**

A bomba atômica tem como ideia central o processo de fissão nuclear, termo originário da biologia e que significa “divisão”. Nesse processo, o núcleo atômico, quando atingido por um nêutron provoca uma alteração no átomo que modifica as interações entre prótons e elétrons, permitindo que, em determinadas situações, como no caso do Urânio-235, aconteça uma quebra do núcleo. Assim, temos que, um único átomo de Urânio pode se dividir de maneira a gerar, na maioria das vezes, um átomo de Bário, um átomo de Criptônio, em média três nêutrons e uma grande quantidade de energia. Tal divisão não é exata, ou seja, nem sempre o Urânio-235 se divide formando esses elementos. Nesse processo de divisão do núcleo outros elementos podem ser formados. Por exemplo, o Urânio utilizado

possui número atômico 92, no processo de quebra ele pode originar um átomo de Bário, cujo número atômico é 56, e um átomo de Criptônio, com número atômico 32. Da mesma forma, pode-se obter um átomo de Césio (55), e um átomo de Arsênio (33). Não existe, de fato, um padrão absoluto para essa quebra, entretanto, busca-se sempre que nela se liberem nêutrons livres. Esse processo é capaz de originar uma reação em cadeia, na qual, um nêutron liberado durante a quebra pode atingir o núcleo de outro átomo, permitindo novas e consequentes divisões com grande liberação de energia. A observação e descrição desse processo foi feita em 1938 por Otto Hahn e Fritz Strassmann.

Em um trecho, extraído do livro “Os 10 mais belos experimentos científicos” (CREASE, 2006), temos uma síntese do experimento sobre *raios alfa* e *raios beta*, realizado por Ernest Rutherford. Com esse experimento, o pesquisador concluiu, em um primeiro momento que não se tratava de *raios*, mas sim de *partículas* energizadas que, por um motivo desconhecido, eram expelidas do átomo de urânio. O, então chamado, *raio beta* por ter uma carga negativa, foi associado ao elétron, e o *raio alfa*, que, por sua vez, tinha uma massa que se aproximava da do átomo de hélio.

Rutherford então se questionou como esse hélio teria “aparecido”. Buscando compreender melhor o fenômeno, o pesquisador elaborou um experimento que consistia em um tubo de vidro hermeticamente fechado, com um soprador de ar em seu interior. Esse soprador, cujas paredes eram finas o bastante para permitir a passagem dos *raios alfa*, foi carregado com radônio. No espaço existente entre o soprador de ar e o tubo de vidro, foi feito vácuo, sendo assim, com o tempo, a única “coisa” que deveria haver nesse espaço seriam os *raios alfa*. Entretanto, o que Rutherford observou é que o espaço era tomado por um gás. Após testá-lo, o cientista verificou serem átomos de hélio.

Fazendo essa explicação, o texto coloca alguns questionamentos:

Como as partículas alfa, de carga positiva, podiam se transformar em hélio, que normalmente é eletricamente neutro? E, além disso, o que os átomos de hélio estavam fazendo dentro de átomos de urânio? Seriam eles como peças que se lascavam de um bloco atômico, ou algo assim? Qual a relação deles com o restante do núcleo de um átomo?

Buscando compreender o fenômeno observado, Rutherford recorreu a estudos de Becquerel, que então trabalhava com *raios alfa*. Entretanto, na continuidade do texto, o assunto *hélio* oferece lugar para o experimento elaborado por Rutherford para estudar a dispersão dos *raios*.

Apoiamos nossa proximidade entre a bomba atômica e Rutherford nesse ponto inacabado do texto, destacado por Brugliato (2016). O processo que leva o elemento gasoso radônio a emitir gás hélio, teria alguma semelhança com o processo de quebra do núcleo de urânio utilizado no funcionamento da bomba atômica, uma vez que nesse processo, geralmente, o átomo libera os elementos bário e criptônio, além de outros nêutrons?

Embora o texto apresentado para os alunos não apresente a relação entre esses elementos, e a atividade não buscasse uma resposta “certa”, podemos dizer que, no experimento de Rutherford, o que estava acontecendo dentro do tubo era o processo de fissão nuclear, que só viria a ser descoberto em 1938 por Otto Hahn e Fritz Strassmann, como já mencionado. O ponto de apoio entre o material apresentado e o funcionamento da bomba atômica se encontra neste termo, *fissão nuclear*.

Segundo Brugliato (2016), a bomba atômica começou a ser desenvolvida em 1940 quando os Estados Unidos começaram a prepará-la para a guerra e fundaram a cidade fantasma “Trinity”.

Nessa cidade ficaram concentrados alguns dos melhores cientistas da época, todos com o objetivo, em princípio, de estudar o processo de reação em cadeia do Urânio e, conseqüentemente, seu processo de fissão nuclear. O desenvolvimento da bomba sucedeu de um ataque japonês ao Pearl Harbor (base naval americana). Com altos investimentos, Arthur Compton e Enrico Fermi concluíram que seria possível construir uma bomba atômica com o Urânio-235, partindo do princípio da fissão nuclear e da reação em cadeia por ela gerada. Os cientistas envolvidos no projeto conseguiram então, em 1945, desenvolver o artefato armamentista e o chamaram de “*Little boy*”.

3. Desenvolvimento

O estudo aqui apresentado, faz parte de um projeto maior, realizado com alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública da região de Campinas/SP em aulas da disciplina de Física. Esses alunos estudavam em período matutino e, em geral, não exerciam atividades relacionadas com o ensino ou outras remuneradas nos demais períodos.

Buscando uma familiarização com os alunos, foram observadas cinco aulas duplas (10 horas/aulas) do professor titular. Na turma acompanhada foi aplicada uma unidade de ensino em três aulas duplas, (seis horas aulas). Essa distribuição foi feita de maneira a não prejudicar o desenvolvimento das atividades já planejadas pelo professor.

Na primeira aula, os alunos foram convidados a assistir uma adaptação do filme “*Fat man and little boy*” (O início do fim, 1989). Na segunda aula, da qual apresentamos parte das atividades desenvolvidas neste estudo, os alunos foram divididos aleatoriamente em três grupos. Cada grupo recebeu um texto de diferentes tipos de discursos. Um grupo recebeu um trecho do livro “*Trinity – a história em quadrinhos da primeira bomba atômica*” (FETTER-VORM, 2013), que consistia em uma história em quadrinhos, outro grupo recebeu um trecho do livro “*Energia Nuclear: com fissões e com fusões*” (GALETTI; LIMA 2008), um livro paradidático, e um terceiro grupo recebeu o trecho do livro “*Os 10 mais belos experimentos científicos*” (CREASE, 2006), uma divulgação científica e sobre o qual apresentamos a análise. Na terceira, e última aula, todos os estudantes leram trechos do livro “*O caso Oppenheimer*” (KIPPHARDT, 1993), um roteiro teatral, e realizamos uma discussão geral de todas as atividades realizadas.

Na aula analisada, a segunda da unidade de ensino, os alunos receberam o material de divulgação científica formado por um recorte feito no capítulo “*Beleza nascente – A descoberta do núcleo atômico por Rutherford*” (CREASE, p. 147-157, 2006), disponível no anexo deste trabalho. O texto de divulgação científica foi oferecido para oito alunos e a leitura foi proposta para ocorrer em sala de aula. Após a leitura os alunos foram convidados a responderem, individualmente, um questionário com as seguintes questões: 1) *Se você tivesse que contar sobre texto que leu para seus familiares, o que contaria?* 2) *Se um parente seu pedisse para você explicar sobre o funcionamento da Bomba Atômica, como você explicaria?* E, em seguida, discutiram com a pesquisadora-professora e com os demais alunos a leitura que haviam realizado.

4. Resultados

Neste estudo analisamos as respostas dos alunos para o questionário escrito e também a alguns discursos produzidos pela aluna Cristal¹ na discussão em classe.

4.1 Respostas ao questionário escrito

Com relação ao questionário aplicado nesse dia temos as seguintes respostas²:

Se você tivesse que contar sobre o texto que leu para seus familiares, o que contaria?	
Bianca	Contaria que a descoberta de Rutherford sobre o núcleo atômico provavelmente é uma das coisas mais importantes no mundo da física. O texto conta o começo de tudo, paço a paço praticamente.
Luciana	Contaria que a descoberta de Rutherford sobre o núcleo atômico provavelmente é uma das coisas mais importantes do mundo físico. O texto conta o começo de tudo. Passo a passo praticamente, um pouco cançativo mas interessante de ler pois conta toda a história dessa descoberta.
Carolina	Contaria que a descoberta de Rutherford sobre o núcleo atômico provavelmente é uma das coisas mais importantes na Física moderna. O texto conta o começo de tudo passo a passo assim deixando o mesmo cansativo com algumas partes interessantes.
João	Eu contaria que a descoberta de Rutherford sobre o núcleo atômico, sendo um que é um dos casos mais importantes no mundo da física. E o texto conta como foi o passo a passo da descoberta
Roberto	Sobre a descoberta de Rutherford, sobre as partículas alfa de carga positiva que podiam se transformar em hélio. Sobre como Rutherford imaginou que um átomo consistia de um centro maciço e carregado, e que era cercado na maior parte por um espaço vazio. E que as partículas alfa com carga possítiva giram entorno de um centro com carga negativa
Carla	Eu contaria que a descoberta de Rutherford sobre o núcleo atômico provavelmente é um dos casos mais importantes do mundo na física. O texto conta como tudo começa no passo a passo

¹ Todos os nomes apresentados são fictícios

² As respostas foram transcritas respeitando a escrita dos alunos. Podem apresentar alguns equívocos gramaticais e/ou de concordância verbal.

Cristal	Contaria que Rutherford, enquanto estudava a radioatividade, descobriu que o urânio emitia dois tipos de radiação. Eles fez um experimento afim de verificar se as particulas alfas saltariam diretamente da folha metalica em vez de serem dispersas
Luca	Neste texto conta como foi que Rutherford descobriu que o urânio tinha radiação e como a partícula Alfa passaria de uma folha metálica.

Os discursos produzidos pelas alunas Bianca, Luciana e Carolina são processos de repetição formal entre si. Esses discursos das alunas nos remetem para a ideia de que a leitura do texto pode não ter sido realizada e, diante do questionário optaram por uma resposta genérica e sem indícios de qualquer produção de sentidos relacionadas ao texto. O mesmo acontece com os alunos João e Carla. O que nos chama a atenção é o fato de todos esses alunos terem se referido à descoberta de Rutherford como a coisa, ou o caso, mais importante da física, ou do mundo da física. Essas expressões, ou mesmo os termos, não aparecem no texto oferecido para a leitura, assim, podemos inferir que eles, possivelmente, ouviram falar durante as aulas em que estudaram o átomo de Rutherford, ou que todos eles dialogaram entre si e elaboraram uma resposta conjunta, ou ainda, que realizaram repetições formais do discurso de um único aluno.

O aluno Roberto, em seu enunciado aparenta ter realizado a leitura do texto, uma vez que traz diferentes elementos que o constituam, realizando uma repetição formal. A maneira como o aluno elabora seu discurso, valorizando os resultados sem, em momento algum, discutir os procedimentos que os originaram pode ser um indício de como a Física, e talvez outras matérias, estão sendo trabalhadas em sala de aula. Muitas vezes, mesmo que o professor ofereça recursos para que os alunos compreendam os processos, em diversas avaliações, ou situações de vida, a atenção maior é dada para os resultados e sua aplicabilidade, o que pode ter levado o aluno a se focar nesses pontos, julgando que esperávamos uma resposta relacionada com esse sentido de conclusão, ou do que foi obtido, cientificamente, com o texto.

Com relação à Cristal, temos que ela se focou em partes do texto e evidenciou em sua resposta os trechos que, provavelmente, considerou os mais importantes, como é o caso da descoberta de Rutherford sobre a radiação alfa e a beta. Também comentou sobre o experimento que ele e seus assistentes realizaram e, a partir do qual conseguiram elaborar um modelo para o átomo. É evidente em sua resposta que há uma produção de sentidos a partir do texto. Neste caso, a aluna realizou um processo de repetição formal, possivelmente por ser o que usualmente é cobrado dos alunos em sala de aula.

Os pontos destacados pelo aluno Luca apresentam um indício de que ele efetuou a leitura completa do texto, isso porque são colocações distintas e que aparecem em momentos diferentes ao longo do material que lhe foi apresentado. Com relação ao urânio ser radioativo, podemos dizer que o aluno realizou uma repetição formal e nesse processo omitiu que ele emite dois tipos de radiação. No texto que ele leu temos “Pouco antes de deixar a universidade, enquanto estudava a radioatividade, ele fez a descoberta inesperada e crucial de que o urânio emitia dois tipos diferentes de radiação. ”. Com relação à partícula alfa, sua atenção pode ter origem quando o texto destaca que a radiação alfa se tornou o ponto central na carreira de Rutherford. Apesar do aluno apresentar esses dois pontos como importantes para contar a um familiar, é relevante notar que ele não se aprofunda em nenhum deles. Não aponta os tipos de radiação que o Urânio possui e também não explica como “a partícula alfa passaria de uma folha metálica”. A forma com que o aluno aborda o tema pode ser um indício de que a

leitura dessa divulgação científica, como foi feita, não produziu todos os sentidos que a pesquisadora-professora esperava. Possivelmente, se tivesse havido mais tempo para a leitura, mais questões e mais discussões, as produções de sentidos seriam outras.

Outra opção é que o aluno tenha subentendido que um aprofundamento em questões físicas tornaria o tema complexo para um familiar. Porém, não podemos descartar a possibilidade dos alunos estarem acostumados a dar respostas curtas na escola. Cabe destacar que o professor da turma, em aulas anteriores já havia trabalhado com Modelos Atômicos. Assim, os alunos já haviam tido contato com o modelo do átomo proposto por Rutherford, mas, em momento algum Luca apresenta indícios de relacionar o conteúdo do texto com as aulas anteriores.

Como podemos observar, nessa primeira pergunta nenhum dos alunos que trabalhou com o texto de divulgação científica realizou uma relação entre o texto e a bomba atômica, o tema central do estudo completo. Isso já era esperado, uma vez que o texto abordava o modelo atômico de Rutherford que, apesar de ter sido fundamental para o desenvolvimento desse artefato, não apresenta uma relação direta. Dessa forma, buscando direcionar os alunos para o tema central, a segunda pergunta formulada aborda diretamente o assunto.

Se um parente seu pedisse para você explicar sobre o funcionamento da Bomba Atômica, como você explicaria?	
Bianca	Que a bomba é como uma quebra no nucleo do atomo. Que o neutron mas o que atinge o nucleo do atomo de uranio muito rapido e por isso tudo se explode
Luciana	Que a bomba é como uma quebra no núcleo do átomo. Que o nêutron mas o que atinge o nucleo do átomo de urânio muito rápido e é por isso que tudo se explode.
Carolina	Que a bomba atomica é a quebra do nucleo do atomo de uranio assim gerando a explosão (quanto mais atomos e neutron proximos um do outro, maior a explosão)
João	A bomba é como uma quebra dentro do nucleo do atomo, que o neutron atinge o nucleo do atomo de uranio muito rápido e por isso tudo se explode.
Roberto	Me parece que o funcionamento de uma bomba atômica, seria de certa forma similar ao funcionamento de um núcleo atômico, onde existe algo com carga positiva que é atraída por algo com carga negativa.
Carla	A bomba é como uma quebra no núcleo do atomo. Que o neutron que atinge o núcleo do átomo de urânio muito rápido e por uso tudo se explode
Cristal	Funciona como uma carga de dinamite, faz com que os atômos se rompem, formando a energia pura, o inverso da Bomba de hidrogenio.
Luca	Uma carga de TNT faz com que se rompam os atomos e formam energia pura, formando assim a energia para a explosão de uma bomba atômica.

Assim como na questão anterior, os alunos Bianca, Luciana, João, Carla e Carolina copiaram as respostas uns dos outros. Entretanto, não podemos afirmar, mas, talvez devido à produção de sentidos para o que foi enunciado, haja duas informações diferentes nos discursos. Bianca, Luciana,

João e Carla apresentam que a bomba consiste na quebra do núcleo atômico, sem se aprofundarem no assunto, assim como Carolina. Entretanto, os primeiros alunos associam a explosão com a velocidade com que o nêutron atinge o núcleo do átomo de urânio. Enquanto Carolina apresenta indícios de ter compreendido parte do processo de reação em cadeia, uma vez que é necessário um maior número de átomos sendo fissionados a uma pequena distância, para que a reação se auto sustente. Assim, embora eles não tenham conseguido relacionar as realizações de Rutherford sobre o átomo com o processo de fissão nuclear, podemos dizer que a aluna Carolina conseguiu, ainda que de maneira superficial e não consolidada, produzir sentidos próximos ao esperado para a atividade.

Roberto, em sua formulação apresentou indícios de não ter compreendido o funcionamento da bomba atômica. O fato de que o aluno não estava presente na aula da semana anterior provavelmente colaborou para o seu enunciado, uma vez que, naquela aula os alunos assistiram um filme que apresentava todo o processo de desenvolvimento e criação do artefato, além de ter sido realizada uma discussão sobre o assunto. Assim, sem essa base oferecida na primeira aula, o aluno não conseguiu se situar no desenvolvimento da atividade e, inferiu que deveria ter alguma relação direta com o que foi apresentado no texto por ele lido, por isso coloca que deve ser “de certa forma similar ao funcionamento de um núcleo atômico” e traz a questão das cargas positivas e negativas que são elementos que aparecem de maneira constante no texto trabalhado. A situação de Roberto não foi uma exceção na sala de aula, sendo possível identificar o mesmo problema com alunos que leram outros tipos de discursos. Nossa primeira aula de aplicação da unidade de ensino foi em um período em que alguns professores se encontravam em greve, o que colaborou para o fato de apenas 13 alunos estarem presentes. Na segunda aula, embora apenas oito tenham trabalhado com a Divulgação Científica, participaram 34 alunos, ou seja, tínhamos 21 alunos que, embora a pesquisadora-professora tenha tentado contextualizar o projeto que estava sendo desenvolvido, pelo fato de não terem assistido ao filme não conseguiram compreender o funcionamento da bomba atômica. Acreditamos que essa dificuldade tenha sido amenizada com as discussões posteriores a essa leitura e com a explicação realizada, ainda nessa segunda aula, pela pesquisadora-professora.

Com relação à questão da bomba atômica, temos indícios de que a aluna Cristal realizou um processo de repetição histórica. O tipo de discurso fornecido contava sobre a descoberta do átomo por Rutherford, e não avançava até a bomba atômica, sendo necessário que os alunos buscassem seus conhecimentos sobre o assunto para responder a questão. A aluna também apresenta o termo “energia pura” que não aparece no discurso do texto e também não se refere à bomba atômica, uma vez que a energia liberada em sua explosão é altamente radioativa. Seria importante saber o que a aluna entende por “energia pura”, mas como ela não discorre sobre o assunto não é possível identificar o sentido que produziu para o tema e nem de que situação ela o extraiu. Podendo ser que tenha assimilado o “pura” como “muito grande”. Essa é uma situação comum na escola, quando dado o grande número de alunos em cada classe é quase impossível se ter acesso detalhado a tudo o que cada um diz. No nosso caso, devido ao número de aulas disponíveis, não tivemos acesso aos alunos posteriormente, o que não possibilitou que investigássemos melhor o sentido produzido para o termo.

Na resposta do aluno Luca, também não encontramos indícios de que ele tenha recorrido ao texto lido na aula para a formulação de sua resposta. Apesar disso, quando ele cita o TNT possivelmente ele relacionou com um trecho do filme “Fat man e Little boy” (O início do fim, 1989), apresentado para os alunos na aula anterior. Nesse trecho, uma sequência de explosivos é detonada e o aluno pode ter associado que esse teste representava uma das etapas de explosão da bomba atômica, uma vez que ele apresentou em respostas oferecidas anteriormente grande ênfase nos testes realizados. Com isso, concluímos que o texto trabalhado em aula, para esse aluno, pode ter produzido menos sentidos do que o filme que, mesmo depois de certo tempo, aparentemente, ainda foi lembrado por Luca. Apesar da memória do aluno, o processo apresentado por ele mostra um equívoco, uma vez que a explosão do TNT não rompe os átomos e não produz essa “energia pura”. Além disso, apesar de

utilizado pelo aluno, ele também não explica o que chama de energia pura, assim como no caso da aluna Cristal, e nem explica como ela seria capaz de causar a explosão.

4.2 Discussão em classe

Com relação aos discursos produzidos pela aluna Cristal, destacamos dois. Para compreender o funcionamento da bomba atômica era fundamental que os alunos interpretassem o processo de *fissão nuclear*, e para isso, seria necessário interpretar a estrutura do átomo. Daí a escolha por um texto de divulgação científica que abordasse o átomo de Rutherford e não diretamente o processo físico de construção da bomba atômica. Quando ocorreu o questionamento, especificamente sobre o modelo atômico, a aluna participou de tal diálogo.

Pesquisadora- Professora	A primeira coisa que eu queria perguntar, eu quero mais ouvir vocês falando, conversar com vocês, ver o que que vocês entenderam. Então eu queria ver quem que achou alguma coisa no texto sobre o modelo de Rutherford?
Carolina	Primeiro a gente descobriu foi que tem dois tipos de radiação diferente, a alfa e a beta. Que a alfa é positiva e a beta negativa. Ah eu entendi isso professora. Ai depois a gente viu...
Cristal	Ai depois a gente viu que ele chamou os colegas dele lá, e foi estudar as coisas e pá. Ai depois de estudar eles foram fazer um experimento, eles que montaram o experimento. Ai ele percebeu que a radiação da vida... a radiação da vida tava... ah ele descobriu lá que tinha um bolo, eles achavam que era tipo uma gelatina, uma coisa assim, como se fosse um pudim o átomo, eles entendiam como se fosse um pudim. Ai eles descobriram que não parecia um pudim mesmo, que era tipo bem pequeno e tinha um monte de átomo... átomo não, pera ai, é elétron rodando e era bem pequeno.

Carolina se refere a um ponto específico do texto em seu discurso, o que não quer dizer, partindo da análise do que foi enunciado nesse momento, que ela não tenha produzido sentidos ao texto como um todo. Pelo contrário, ela evidencia que determinada parte do texto chamou mais sua atenção, permitindo uma significação sobre o tema. Podemos, e queremos com isso apontar para o fato de que os processos de repetição empírica e formal não são indesejáveis. Em alguns casos eles são auxiliares para uma nova produção de sentidos.

Cristal já não recorre tanto ao texto, prefere tentar ela mesma produzir seu discurso. É perceptível que em alguns momentos a aluna parece ter dificuldade em completar seu raciocínio utilizando termos físicos, porém cabe valorizar que ela não desiste de tentar expor o que estava entendendo. Por fim, temos indícios de que o texto de divulgação científica possibilitou que a aluna produzisse sentidos sobre o modelo atômico de Rutherford.

Dando continuidade com a aula, a aluna se sentiu à vontade para iniciar com a pesquisadora-professora outro diálogo

- Cristal Ô professora, só mais uma pergunta assim, tem dois, tá. Se você dividiu em dois um átomo, ele virou alguma coisa?
- Pesquisadora-
Professora Sim, vira o bário e o cripton. Vira um átomo de bário e um átomo de cripton, normalmente. Mas pode ser que na hora da divisão ou aumente a massa de um ou diminua a do outro, mas geralmente ela divide assim.
- Cristal Aqui no texto ele falou uma coisa parecida, da partícula alfa né, que eles foram dividir lá no negócio e descobriram que essa partícula alfa era ela, então transformou em outra coisa.
- Pesquisadora-
Professora Isso ai é basicamente isso, só que ai eles ainda não conheciam o termo fissão ai ele achou que tivesse se transformado só.
- Cristal Ah sim, entendi.
- Pesquisadora-
Professora Ele não foi atrás pra ver o que que aconteceu para ele transformar em Hélio

A dúvida da aluna surgiu perto do final da aula, ou seja, após a explicação da pesquisadora-professora sobre a *fissão nuclear*. É possível notar, em seu discurso, que ela havia produzido sentidos ao efetuar a leitura do texto, mas que esses sentidos foram confrontados com a explicação apresentada pela professora pesquisadora. Com isso houve um conflito de sentidos para um mesmo processo físico. Possivelmente esse conflito ocorreu devido ao fato de que a observação de Rutherford e a origem do termo fissão tenham acontecido em momentos diferentes. O texto de divulgação científica com o qual a aluna trabalhou aborda o processo, mas não o seu termo físico, que era desconhecido na época. Importante destacar que a aluna conseguiu resgatar do texto exatamente a questão que condizia com a situação estudada. Isso é muito válido, e é um forte indício de que o tipo de discurso foi significativo para ela e possibilitou que produzisse sentidos não apenas sobre o texto propriamente dito, mas também sobre o que estava sendo discutido na aula.

5. Conclusão

O texto de divulgação científica apresentado, apesar de desenvolver um tema relacionado aos princípios da bomba atômica, não abordava diretamente o assunto. Dessa forma, os alunos precisariam recorrer a suas histórias de vida para responder os questionários e participar das discussões na sala de aula. Essa atividade se tornou mais difícil pelo fato de muitos alunos não estarem presentes na aula anterior e, portanto, não terem tido acesso aos conhecimentos nela apresentados.

No decorrer da aula base deste estudo e das respostas ao questionário, tivemos indícios de que Bianca, Luciana, João, Carla e Carolina não se envolveram com a atividade, podendo ter lido parte do texto, mas sem que seja possível afirmar de quem é o sentido apresentado, uma vez que temos indícios da repetição formal da resposta de um dos alunos e não dos sentidos produzidos por cada um, de maneira individual. Roberto produziu sentidos para o texto, o que o levou a enfatizar os resultados

que apresentou. Entretanto, o fato de não ter participado da aula anterior o prejudicou na segunda questão, nos permitindo compreender que a bomba atômica talvez não seja um tema sobre o qual ele tenha curiosidade e, portanto, analisando o contexto no qual a pergunta estava sendo elaborada, achou que deveria ter uma relação direta com o texto por ele lido. Aqui cabe destacar a importância da mediação da pesquisadora-professora, que ao perceber que grande parte da sala não conseguiria chegar em uma relação com a bomba atômica nessa aula, por não estarem presentes na aula anterior, realizou uma explicação sobre o tema. E, partindo das discussões com os alunos que assistiram ao filme, buscou tornar o assunto mais compreensível para os demais colegas de sala. Luca e Cristal provavelmente notaram que o texto com o qual estavam trabalhando não fornecia as respostas diretamente. Por isso não encontramos nas respostas aos questionários processos de repetições empíricas, mas apenas leves indícios de repetições formais.

Não queremos com este trabalho enfatizar que os processos de repetição empírico e formal são indesejáveis. Pelo contrário, acreditamos que o fato do aluno conseguir identificar o trecho que ele pode repetir para responder determinada pergunta pode ser um indicativo de que houve a produção de sentidos. Porém, acreditamos que, ao trazer sua história de vida para a sala de aula os alunos podem tornar aquele momento mais significativo, possibilitando uma produção de sentidos da qual ele se recordará em outros momentos com mais facilidade.

Assim, embora alguns alunos tenham apresentado indícios de que não efetuaram a leitura do texto e/ou não responderam ao questionário, optando por copiar de colegas, provavelmente minutos antes de entregar a atividade, acreditamos que, para aqueles que efetuaram a leitura e optaram por participar efetivamente da aula, o uso de um texto de divulgação científica sobre o modelo atômico de Rutherford permitiu que eles se envolvessem com o tema da bomba atômica e produzissem sentidos que possibilitaram a realização de uma ligação entre esses dois temas. Como no caso da aluna Cristal que, apesar de não ter assimilado de imediato, notou semelhanças entre o experimento de Rutherford e o processo de fissão nuclear.

Essas discussões e a participação dos alunos em sala de aula, também nos instigam a pensar a questão de como as aulas de Física são planejadas. Temos, geralmente, aulas voltadas amplamente para a resolução de exercícios, o que pode afastar os alunos da disciplina. Vemos então, nas atividades envolvendo leituras de outros tipos de discursos, além do livro didático, uma alternativa para tornar a Física mais próxima da realidade do aluno, assim como de valorizamos trabalhos com leitura no ambiente escolar.

A situação mais informal no desenvolvimento dessas atividades de leitura do que as usuais escolares, principalmente no que se refere à ausência de avaliação formal como ocorre na escola, certamente contribuiu para que não houvesse muitas respostas com repetições empíricas. As condições em que atividades de leitura como essas são realizadas se diferenciam substancialmente de situações formais. (PAGLIARINI, ALMEIDA, 2016, p.312)

A natureza das questões levantadas nos questionários é outro ponto que aqui consideramos relevante lembrar.

Quando na qualidade de professores, propomos leituras em aula, com questões abertas [...] queremos que as leituras propostas propiciem aos estudantes a oportunidade de refletirem sobre procedimentos de obtenção das informações que o texto veicula. (ALMEIDA, et al, 2006, p.74)

Para concluirmos, gostaríamos de ressaltar o tipo de estratégia utilizada para a leitura dos estudantes. A divisão dos alunos em três grupos, cada um deles com leituras diferentes, porém complementares para a abordagem do tema central da unidade de ensino foi importante dado o pequeno

número de aulas de que dispúnhamos para trabalhar o tema escolhido, uma situação comum nas escolas atuais. As diferentes leituras, além de aumentarem a abrangência do que foi tratado, tornaram possíveis as efetivas mediações da pesquisadora-professora e dos próprios alunos.

Referências

ALMEIDA, M. J. P. M.; RICON, A. E. Divulgação Científica e Texto Literário - Uma Perspectiva Cultural em Aulas de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 10, n.1, p. 7-13, 1993.

ALMEIDA, M. J. P. M.; CASSIANI, S.; SILVA, H. C. Perguntas, respostas e comentários dos estudantes como estratégia na produção de sentidos em sala de aula. In NARDI, R; ALMEIDA, Maria José P. M. **Analogias, leituras e modelos no ensino de ciências, a sala de aula em estudo**. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 61-75.

ALMEIDA, M. J. P. M.; CASSIANI, S.; OLIVEIRA, O. B. **Leitura e escrita em aulas de ciências – Luz, calor e fotossíntese nas mediações escolares**. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2008.

BRUGLIATO, E. T. **A produção de sentidos sobre a bomba atômica em diferentes tipos de discursos**. 2016. 152f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

CREASE, R. P. **Os dez mais belos experimentos científicos**. Tradução: Maria Inês Duque Estrada. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

FETTER-VORM, J. **Trinity – a história em quadrinhos da primeira bomba atômica**. São Paulo: Editora Três Estrelas. 2013

GALETTI, D.; LIMA, C. L. **Energia nuclear – Com fissões e com fusões**. Coleção Paradidáticos. Série Novas Tecnologias. São Paulo: Editora Unesp. 2008

KIPPHARDT, H. **O caso Oppenheimer**. São Paulo: Editora Brasiliense. 1993

ORLANDI, E. P. Análise de Discurso. In: ORLANDI, E. P.; RODRIGUES, S. L. **Introdução às ciências da linguagem: Discurso e Textualidade**. Campinas: Pontes, 2006. p. 11-31.

_____. Discurso, Imaginário Social e Conhecimento. In: **Em Aberto**, Brasília, ano 14, n.61, p. 53-59, jan./mar. 1994.

PAGLIARINI, C. R.; ALMEIDA, M. J. P. M. Leituras por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 2, p. 299-317, 2016.

PERTICARRARI, A.; TRIGO, F. R.; BARBIERI, M. R.; COVAS, D. T. O uso de textos de divulgação científica para o ensino de conceitos sobre ecologia a estudantes da educação básica. **Ciência & Educação**, Bauru, v.16, n.2, p. 369-386, 2010.

ROCHA, M. B. Textos de divulgação científica: a escolha e o uso por professores de ciências. **Revista Educação em Questão**, Natal, v. 43, n. 29, p. 109-134, maio/ago. 2012.

SILVA, H. C. Leitura de um texto de divulgação científica: um exemplo em gravitação. **Ciência &**

Ensino, São Paulo, n.5, dez/1998.

_____. **Como, quando e o que se lê em aulas de Física do ensino médio:** elementos para uma proposta de mudança. Campinas, Sp - Faculdade de Educação (Unicamp). 1997.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. A Leitura Por Alunos Do Ensino Médio De Um Texto Considerado De Alto Grau De Dificuldade. **Alexandria (UFSC)**, v. 7, p. 49-73, 2014.

ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. Leitura de um Texto de Divulgação Científica Sobre a natureza do Calor em uma Disciplina Básica na Educação Superior. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Impresso)**, v. 15, p. 113-130, 2013.

ANEXO

Trecho adaptado do livro *Beleza nascente - A descoberta do núcleo atômico por Rutherford*

Beleza nascente

A descoberta do núcleo atômico por Rutherford

[...] Rutherford nasceu na Nova Zelândia, e na juventude mexia com câmeras, relógios e pequenos modelos de roda d'águas no moinho de seu pai. Em 1895, ganhou uma bolsa de estudos especial que o levou à Inglaterra e ao Laboratório Cavensh, que o historiador da ciência J.L. Heilbron chamou de “berçário dos físicos nucleares”. Ele chegou lá quando se iniciava um período de grande demanda e estímulo à física. O físico alemão Wilhelm Roentgen descobriu os raios x em 1895, o físico francês Henri Becquerel descobriu a radioatividade em 1896, e o físico britânico J.J. Thomson – que era o diretor do Laboratório Cavensh – descobriu o elétron em 1897.

Rutherford distinguiu-se rapidamente nessa atmosfera intensa, e em 1898 deixou o “berçário” ao aceitar o posto de professor na Universidade McGill, em Montreal, onde permaneceu até 1907. Pouco antes de deixar a universidade, enquanto estudava a radioatividade, ele fez a descoberta inesperada e crucial de que o urânio emitia dois tipos diferentes de radiação. Para demonstrar isso, concebeu um experimento simples e extremamente convincente, como era seu hábito: recobriu o urânio com camadas de folhas de alumínio e mediu a quantidade de radiação que as atravessava. Uma ou duas camadas diminuía a quantidade, mas com três camadas a radioatividade caía visivelmente. Estranhamente, a radiação remanescente não era bloqueada de modo significativo por uma quarta ou uma quinta camada. Ela continuava a passar, até que Rutherford cobria a urânio com muitas camadas de alumínio. Para ele, isso demonstrou que o urânio emitia dois tipos de radiação, sendo uma bem mais poderosa que a outra. Ele chamou o tipo menos penetrante de “raios alfa” e o mais penetrante de “raio beta”, seguindo as duas primeiras letras do alfabeto grego.

Os raios alfa – o que eram, como se comportavam e para que poderiam servir – acabaram se tornando o ponto central da carreira de Rutherford. [...]

Rutherford logo compreendeu que nem os raios alfa nem os raios beta eram de fato raios, no mesmo sentido que digamos, o raio x. Eram pedacinhos de matéria carregadas de eletricidade que os átomos de urânio expeliam por motivos até então desconhecidos. O raio beta tinha carga negativa e logo confirmaram ser elétrons, mas a natureza dos raios alfa, quer tinham carga positiva, foi inicialmente um quebra-cabeça. Rutherford o resolveu. Ele percebeu que a massa desses raios era similar à dos átomos de hélio – mas seriam eles átomos de hélio? Concebeu então outra demonstração simples e engenhosa para comprovar essa hipótese. Para isso, encomendou para um soprador de vidro um tubo com paredes finas o bastante para permitir que os raios alfa as atravessassem, porém fortes o bastante para que não se partissem sob a pressão atmosférica. Encheu esse tubo com radônio, um elemento gasoso conhecido como emissor de raios alfa, e cercou-o com outro tubo de vidro hermeticamente fechado, deixando um espaço vazio entre os dois tubos. Em seguida, bombeou para fora todo o ar contido nesse espaço, produzindo vácuo; a única coisa que podia penetrar ali eram os raios alfa, que atravessavam as paredes do tubo interno. Rutherford descobriu que se coletava um gás lentamente naquele espaço, numa taxa proporcional àquela com que as partículas alfa passavam através da parede interna. Então testou o gás e verificou que era hélio. Os raios alfa – ou partículas alfa, como passaram cada vez mais a ser chamados

– eram átomos de hélio. [...]

Mas o mistério permaneceu. Como as partículas alfa, de carga positiva, podiam se transformar em hélio, que normalmente é eletricamente neutro? E, além disso, o que os átomos de hélio estavam fazendo dentro de átomos de urânio? Seriam eles como peças que se lascavam de um bloco atômico, ou algo assim? Qual a relação deles com o restante do núcleo de um átomo? O caminho de Rutherford para chegar à solução desse quebra-cabeça foi indireto. Começou com uma polêmica amistosa com Becquerel, cujos experimentos com partículas alfa tinham algumas discrepâncias com os de Rutherford. Depois de observar seus resultados conflitantes, os dois estudaram o assunto mais atentamente, e comprovou-se que Rutherford estava certo. Mas a disputa estimulou a curiosidade dele. Por que era tão terrivelmente difícil medir as propriedades das partículas alfa? Como Becquerel, que ele sabia ser cuidadoso, havia se equivocado? O motivo era a propriedade que as partículas alfa têm de ricochetear espalhando moléculas de ar.

Rutherford conhecia bem esse comportamento, que demonstrou, como de costume, em seu estilo simples e direto: primeiro disparou um feixe de partículas alfa sobre uma placa fotográfica no vácuo, obtendo uma mancha áspera e brilhante no ponto de impacto. Depois disparou o mesmo feixe sobre a mesma placa, dessa vez não no vácuo, mas através do ar. A mancha se espalhou e ficou borrada. A propagação da mancha, escreveu Rutherford em 1906, devia-se à “dispersão dos raios” quando eles soltavam moléculas no ar. Embora Rutherford ainda não soubesse, a descoberta do papel da dispersão seria um passo fundamental para a descoberta do núcleo.

[...]Exasperado, ele acabou pedindo a seu novo assistente, Hans Geiger, para medir a dispersão. (Anos depois, Geiger inventou o famoso contador Geiger, que detectou a radioatividade, eletronicamente em laboratório e em inúmeros thrillers produzidos após a Segunda Guerra Mundial.). [...]

Medir as partículas alfa foi uma tarefa árdua. Rutherford e Geiger haviam aprendido que, quando as partículas alfa tocam certos tipos de substâncias químicas como o sulfeto fosforescente de zinco, elas criam pequenos flashes momentâneos conhecidos como “cintilações”, que podem ser vistos ao microscópio. Era a primeira vez que átomos individuais (partículas alfa sendo contadas como átomos de hélio) eram detectados visualmente. Ao olhar para telas pintadas com tais substâncias, os cientistas podiam estabelecer onde as partículas alfa atingiam a tela, proporcionando assim informações sobre suas trajetórias. Mas, para observar as fugidias e efêmeras cintilações, Geiger precisava sentar-se no escuro por no mínimo 15 minutos para ajustar seus olhos o suficiente para enxergar os flashes. Era uma tarefa tediosa e que demandava tempo.

Os equipamentos que Geiger usou para medir a dispersão eram simples para os padrões atuais. Uma pequena bolinha de rádio – elemento intensamente radioativo que disparava partículas alfa em fluxos quase contínuos – colocada numa latinha de metal. A latinha era provida de fendas que deixavam passar uma linha fina de partículas alfa para dentro de um tubo de vidro com cerca de 1,20m de comprimento. Todo o ar era bombeado para fora desse tubo de tiro, de forma que as partículas alfa não eram dispersadas pelas moléculas de ar. Conectado a esse tubo de tiro havia outro, semelhante, também sem ar, através do qual as partículas alfa passavam, antes de encontrar a tela de sulfeto de zinco. Espiando através de um microscópio ajustado à tela, Geiger podia observar os flashes e medir suas posições. Quase invariavelmente, esses flashes ocorriam no mesmo ponto. Então Geiger colocou pedacinhos de folha metálica entre o primeiro tubo de vidro e o segundo. Agora os flashes não incidiam todos no mesmo ponto, e alguns pareciam dançar sobre a tela.

Geiger explicou o que estava acontecendo em palestra na Royal Society em junho de 1908. A maioria das partículas alfa navegava diretamente através das folhas metálicas, disse ele, mas de vez em quando

uma era espalhada por elas. Como acontece quando um taco de bilhar se choca com uma bola parada, a partícula alfa era jogada para um lado. Além disso, quanto mais espessa a folha metálica, maior o número de partículas alfa a se espalhar e maior o ângulo em que elas se desviavam do trajeto. Evidentemente, essas partículas alfa haviam colidido com vários átomos quando passaram através das folhas mais espessas. E mais ainda: folhas feitas de elementos mais pesados, como ouro, dispersavam mais partículas alfa que folhas feitas de elementos mais leves, como alumínio.

[...] A descoberta de que alguns átomos, pelo menos, emitiam partículas alfa positivamente carregadas e partículas beta negativamente carregadas tinha inspirado muitos cientistas a pensar sobre a estrutura interna dos átomos (incluindo partículas alfa/átomos de hélio). Os átomos certamente continham elétrons. Uma vez que átomos comuns são eletricamente neutros, eles continham também uma carga positiva. Mas como, e de que forma? Em 1904, J.J. Thomson propôs que um átomo consistia em elétrons mantidos juntos por meio de uma geleia positiva – como as ameixas em um pudim de ameixas, dizia-se, o que fez essa representação ficar conhecida como modelo do pudim de ameixas.[...]

Certo dia, no começo da primavera de 1909, Rutherford, que acompanhava o trabalho de Geiger e Marsden e via crescerem as suas atribuições, entrou no laboratório dos dois e, como Marsden depois relatou, disse: “Vejam se conseguem captar algum efeito das partículas alfa diretamente refletidas de uma superfície metálica.” Rutherford queria que eles refizessem o experimento a fim de verificar se as partículas alfa saltariam diretamente da folha metálica, como bolas de tênis quando batem em uma parede, em vez de serem dispersadas, como quando passavam através dela. Novamente Geiger e Marsden desenvolveram um dispositivo experimental simples. Eles deslocaram a tela para o lado e cobriram-na com uma placa de chumbo para bloquear todas as partículas alfa, impedindo-as de alcançar a tela, com exceção daquelas que tivessem ricocheteadado na folha metálica (Figura 9.1). Eles tinham de aumentar a intensidade de sua fonte ainda mais para maximizar o número de partículas que se deslocavam em ângulos obtusos. Quase de imediato compreenderam que algumas partículas eram mesmo disparadas para o lado. Depois de várias semanas de experimentação, usando diferentes tipos de folhas metálicas com diferentes espessuras, eles descobriram que cerca de uma em oito mil partículas alfa era refletida em um ângulo maior de que 90 graus. “De início”, Geiger escreveu dois anos depois, “não conseguiríamos compreender isso [a dispersão em ângulo obtuso] de modo algum.”

Por essa época, Rutherford [...] finalmente conseguiu elaborar uma teoria do que chamou de “dispersão múltipla”, adequada aos casos em que as partículas se dispersavam por encontros aleatórios com vários átomos, cada um dos quais dispersava as partículas alfa em pequena quantidade. Mas a teoria da dispersão múltipla não parecia encaixar-se na dispersão em ângulo obtuso que Geiger e Marsden estavam encontrando naquela ocasião.

[...]Primeiro ele [Rutherford] pensou que as dispersões em ângulo obtuso não podiam ser atribuídas à dispersão múltipla – isto é, que as partículas alfa deviam ter colidido com um número extremamente grande de átomos – e que isso parecia tê-las de algum modo chutado para trás. Mas, no decorrer do ano seguinte, enquanto trabalhava com a teoria das probabilidades e digeriria os resultados desse experimento, assim como os de alguns desenvolvimentos adicionais, sua concepção começou a se modificar. Um desses desenvolvimentos foi sua concepção crescente de que uma partícula alfa não era um glóbulo ou um pudim, mas podia ser tratada como um ponto. Esse foi um passo enorme porque, entre outras coisas, simplificou bastante a matemática da teoria da dispersão. Também o ajudou a perceber como a dispersão da partícula alfa era uma excelente ferramenta. Se você conhecia o bastante sobre dispersão e aprendesse como ela era afetada por vários parâmetros, tais como a distribuição de carga e de massa, poderia reverter o processo e descobrir, a partir do modo como as partículas alfa eram dispersadas, informações sobre o meio dispersante. A dispersão passa a ser então não um efeito

desagradável com que os experimentos tinham que coexistir, mas um fenômeno interessante que lhes podia dizer algo sobre outras coisas.

[...]As simplificações da teoria da dispersão ajudaram Rutherford a compreender que as partículas alfa não podiam ser explicadas pela dispersão múltipla – elas não voltavam atrás por causa das múltiplas colisões, mas por uma única colisão. Isso, por sua vez, só podia acontecer se quase toda a massa do átomo estivesse concentrada em um único nódulo carregado no seu centro.

O que Rutherford viu evidentemente em sua imaginação foi que o átomo consistia de um centro maciço e carregado, cercado na maior parte por um espaço vazio – mais vazio ainda que o sistema solar. Se um átomo fosse ampliado até o tamanho de um estádio de futebol, o núcleo seria do tamanho de uma mosca no seu centro, enquanto os elétrons seriam ainda menores e estariam distribuídos pelo restante do campo. Praticamente toda a massa do estádio, contudo, estaria contida naquela pequena mosca. Mas para Rutherford ainda não estava claro se esse ponto tinha uma carga positiva ou negativa. Em março de 1911, ele escreveu a um colega: “Geiger está desenvolvendo a questão da dispersão ampla e até agora os resultados que obtive são muito promissores para a teoria. As leis da dispersão ampla são totalmente distintas das da dispersão menor. ... Estou começando a pensar que o centro tem carga negativa.” As partículas alfa com carga positiva – evidentemente era o que ele pensava – estariam girando em torno desse centro de carga negativa assim como um cometa gira em torno do Sol.

Ao proporcionar uma imagem da estrutura atômica, o modelo de Rutherford abriu as portas para a solução de muitos dos problemas da física atômica. As partículas alfa, por exemplo, eram de fato pedaços do núcleo que, positiva, como o restante do núcleo, até desacelerarem o bastante para atrair elétrons, quando então se tornavam eletricamente neutros como átomos comuns de hélio.

CREASE, R. P. Os dez mais belos experimentos científicos. Tradução: Maria Inês Duque Estrada. Rio de Janeiro. Editora Zahar. 2006.