



COMPREENSÕES DE ALUNOS DE NÍVEL MÉDIO SOBRE DESCOBERTA: DISCUSSÕES EM TORNO DO EPISÓDIO DA DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE EM UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Understanding of High School student about discovery: discussions around the episode of radioactivity discovery in a Teaching-Learning Sequence

Jennyfer Alves Rocha [jennyferalvesrocha@hotmail.com]
Adjane da Costa Tourinho e Silva [adtourinho@terra.com.br]

*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Universidade Federal de Sergipe. Campus São Cristóvão
Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, Brasil.*

Resumo

Na perspectiva da alfabetização científica, possibilitar a compreensão da Natureza da Ciência (NdC) tem sido um propósito assumido na comunidade de pesquisa, mobilizando uma discussão recorrente sobre currículos eficientes no sentido de proporcionar aos alunos a percepção de relevantes aspectos do processo de construção e legitimação das concepções científicas. Nesse sentido, a Abordagem Contextual é percebida como uma proposta promissora. Seguindo essa tendência, este artigo apresenta uma análise das discussões realizadas por alunos do Nível Médio da Educação Básica, junto à professora, sobre a descoberta da radioatividade, durante a aplicação de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) estruturada de acordo com a Abordagem Contextual. A análise busca evidenciar as distintas concepções dos alunos acerca da descoberta na ciência, que emergem ao longo das interações. A SEA compôs-se de nove aulas, que foram trabalhadas durante seis encontros. A discussão retratada no artigo acontece na aula 05, desenvolvida no terceiro encontro da SEA. Os dados registrados em vídeo foram mapeados dando origem a episódios, os quais foram definidos e transcritos, de acordo com a metodologia apresentada por Mortimer, Massicame, Tiberghien e Buty. A observação dos episódios possibilitou selecionar aqueles mais representativos da evolução das ideias dos alunos e submetê-los à Análise Textual Discursiva (ATD). A análise revela três principais categorias relacionadas ao conceito de descoberta: visualização do fenômeno, elaboração conceitual e construção coletiva. Verifica-se o compromisso dos alunos com uma concepção linear e empirista de ciência. Todavia, é possível perceber, ao longo da aula, a evolução da concepção de descoberta, aliada ao distanciamento de estereótipos a respeito da Natureza da Ciência. A discussão acerca das concepções dos alunos foi desenvolvida com referência em Kuhn, Alfonso-Goldfarb, Mathews, Cobern, Loving e Niaz.

Palavras-Chave: Sequência de Ensino e Aprendizagem; Abordagem Contextual; Radioatividade.

Abstract

From the perspective of scientific literacy, enabling the understanding of the Nature of Science (NOS) has been a purpose assumed in the research community, mobilizing a recurrent discussion on efficient curricula in order to provide students with the perception of relevant aspects of the construction and legitimation process of scientific conceptions. In this sense, the Contextual Approach is perceived as a promising proposal. Following this trend, this article presents an analysis on the discussions carried out by students at the High School, together with the teacher, about the discovery of radioactivity, during the development of a Teaching-Learning Sequence (TLS) structured according to Approach Contextual. The analysis seeks to highlight the different conceptions of students about the discovery in Science, which emerge throughout the interactions. The TLS was composed of nine classes, which were worked during six meetings. The discussion presented in this paper takes place on class 05, developed at the third meeting of the TLS. The video data were mapped creating the episodes, which were defined and transcribed according to the methodology presented by Mortimer, Massicame, Tiberghien and Buty. The observation of the episodes becomes possible to select those most representative of the evolution of students' ideas and submit them to the Discursive Textual Analysis (DTA). The analysis reveals three main categories related to the discovery

concept: visualization of the phenomenon, conceptual elaboration and collective construction. The commitment of the students with a linear and empiricist conception of science is verified. However, it is possible to perceive, throughout the class, the evolution of the conception of discovery, behind to the distancing of stereotypes about the Nature of Science. The discussion of student conceptions was developed with reference in Kuhn, Alfonso-Goldfarb, Mathews, Cobern, Loving and Niaz.

Keywords: Teaching-Learning Sequence; Contextual Approach; Radioactivity.

INTRODUÇÃO

A importância da alfabetização científica remonta à década de 1960 e traz consigo a ideia de que ao ensino de ciências cabe não apenas a promoção da aprendizagem de conceitos, mas também a construção de uma percepção adequada acerca da Natureza da Ciência e de seus saberes, bem como de suas relações com aspectos tecnológicos, sociais e ambientais (Miller, 1983; Hodson, 1994). Na perspectiva da alfabetização científica, possibilitar a compreensão da Natureza da Ciência (NdC) tem sido um propósito assumido em distintos modelos de ensino, historicamente propostos, e tem mobilizado uma discussão recorrente sobre currículos eficientes no sentido de proporcionar aos alunos uma boa percepção sobre os modos de construção e legitimação das concepções científicas.

Em uma visão de ciência tradicionalmente assumida, a atividade científica é percebida como independente das relações sociais e o conhecimento científico é considerado seguro e absoluto, por basear-se em evidências observacionais e experimentais. Esta imagem tem forte influência de correntes epistemológicas tais como o positivismo e o empirismo lógico, e de seus reflexos na educação (Oki & Moradillo, 2008). Nessa perspectiva, cristalizam-se concepções como a existência de um método científico único que, fielmente seguido, conduz às verdades científicas; a ideia do cientista como um gênio que trabalha isoladamente, desconsiderando-se o papel da comunidade científica em que se insere (Kelly & Duschl, 2002) e uma visão linear e salvacionista de ciência, que se associa a uma concepção deturpada das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Buscando superar tais concepções, a História e Filosofia da Ciência (HFC) assume um papel fundamental, evidenciando a ciência como um processo de construção humana, desenvolvida e acumulada durante os séculos (Reis, Silva, & Buza, 2012). A defesa da inserção da HFC, tanto no ensino de ciências como na formação de professores, advoga em favor de uma abordagem contextualizada, como discutida por Matthews (2002), ou seja, uma educação em ciências em que estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico e filosófico.

Matthews (1995) discutiu sobre o novo Currículo Britânico de Ciências e o Projeto 2061¹ da Associação Americana para o Progresso das Ciências (AAAS). Esses programas propõem a introdução da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de ciências, com o intuito de desenvolver nos alunos habilidades tais como: argumentação pautada em dados e evidências; percepção do contexto social, cultural e espiritual em que uma determinada teoria ou pensamento científico se desenvolveu e entendimento das mudanças e controvérsias do pensamento científico. O Projeto 2061, apresentado na década de 1980, propõe um curso de ciências contextualizado, histórico, filosófico e reflexivo. No Brasil, de acordo com Gatti e Nardi (2016), apenas em 1998 a HFC começou a configurar-se como linha de pesquisa. Nessa época, alguns pesquisadores da área organizaram-se e passaram a desenvolver atividades didáticas, palestras e cursos envolvendo tal abordagem.

A inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino de ciências originou o que se conhece como Abordagem Contextual (Matthews, 1995), a qual consiste em um ensino de ciências por meio de debates sobre a própria ciência. A Abordagem Contextual (AC) considera os aspectos históricos da ciência para ensinar ciências, levando em conta o contexto no qual as ideias científicas são desenvolvidas, mobilizando, portanto, questões sociais, econômicas, políticas, éticas, religiosas e culturais de um modo geral. Nessa perspectiva, propõe-se a suplantação a fragmentação intelectual presente nos currículos tradicionais, promovendo uma educação em e sobre ciência (Reis, 2017). A Abordagem Contextual configurou-se, assim, como uma proposta de ensino promissora, buscando promover uma percepção de ciência em sua

¹ O Projeto 2061, criado pela Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS) em 1985, envolveu um amplo estudo a fim de revisar integralmente o ensino de ciências na escola. Em 1989, após quatro anos de debates e considerações, suas recomendações foram publicadas em um relatório intitulado "Ciências para todos os americanos". Tal documento estabelece quais conhecimentos relativos à Ciência, Matemática e Tecnologia devem ser construídos pelas novas gerações para que estas se tornem alfabetizadas cientificamente. O projeto define alfabetização científica e estabelece alguns princípios para a aprendizagem e o ensino eficazes, tendo em vista tal paradigma. <http://www.project2061.org/publications/sfaa>.

perspectiva sócio-histórica, de modo a superar estereótipos sobre a Natureza da Ciência e favorecer a evolução conceitual dos alunos.

Apesar do investimento em pesquisas voltadas para a inserção da HFC no ensino de ciências, a repercussão desse investimento nas salas de aula no Brasil é algo ainda muito incipiente. Dentre vários fatores que contribuem para tal situação, atestam-se as fragilidades nos currículos dos cursos de graduação no sentido de promover uma percepção adequada da Natureza da Ciência pelos futuros professores, dotando-os com os conhecimentos e habilidades necessários para um ensino que contemple esse aspecto. Soma-se a isto, certa escassez de materiais didáticos os quais possam ser incorporados pelos professores em sua prática cotidiana, tendo-se em vista a variedade de temas a contemplar no ensino de ciências.

Nesse sentido, entendemos a importância de investir em pesquisas voltadas para elaboração e análise de sequências didáticas estruturadas na perspectiva de uma abordagem contextualizada do ensino de ciências, por meio da inserção da HFC. Entendemos, ainda, que este esforço deve considerar uma lacuna no tocante a pesquisas que apresentem uma análise do desenvolvimento das sequências, focalizando o espaço gerado para a negociação de significados que emerge das interações desenvolvidas entre professor e alunos, no plano social da sala de aula.

Pensando em materializar uma proposta nessa direção, elaboramos uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA), que se utiliza da Abordagem Contextual, e analisamos as suas contribuições para a compreensão da NdC e evolução conceitual dos alunos, em uma perspectiva sociointeracionista de ensino e aprendizagem. A SEA foi estruturada com inspiração na proposta de Aikenhead (1985, 1990) para o ensino em uma abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Essa escolha ocorreu considerando que a proposta discutida por este autor possibilita o desenvolvimento da própria Abordagem Contextual. Aikenhead (1985,1990) sugere que os conteúdos sejam trabalhados a partir de um tema social e a sequência de ensino possa avançar para uma abordagem que possibilite a compreensão do contexto sócio-histórico da elaboração dos conceitos envolvidos no tema, antes de retornar às questões sociocientíficas consideradas em seu início. Esse movimento é discutido pelo autor considerando que, ao favorecer a percepção de ciência, possibilita-se aos alunos um posicionamento crítico diante de dilemas de natureza sociocientífica, bem como frente aos discursos que circulam na mídia ou são proferidos por especialistas, os quais são comumente permeados por uma visão mitificada de ciência, visando à manipulação de opiniões.

Nessa perspectiva, na SEA que desenvolvemos, partimos da discussão de um tema social antes de abordarmos a construção histórica dos conceitos envolvidos na temática “A descoberta da radioatividade”. O tema social escolhido foi “O acidente radioativo com o Césio 137 em Goiânia”. Os aspectos contextuais relacionados à construção histórica dos conceitos foram possibilitando, ao longo da SEA, a elaboração de ideias relacionadas à Natureza da Ciência, ao tempo em que os próprios conceitos eram construídos. Posteriormente, retornou-se ao tema social, buscando-se tecer relações entre os conceitos desenvolvidos e os aspectos tecnológicos e impactos socioambientais implicados no acidente em discussão. A parte final da SEA aborda, para fechamento e aprofundamento das discussões, aspectos relacionados à Natureza da Ciência. Deste modo, a SEA envolveu dois contextos sócio-históricos distintos: um relacionado àquele em que os conceitos foram desenvolvidos, no século XIX, e outro atual, no século XX, relacionado ao acidente radioativo, o que permitiu uma discussão sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, favorecendo um maior aprofundamento na concepção de ciência dos alunos.

A forma como foi estruturada a SEA possibilita contemplar os três pilares da alfabetização científica propostos por Miller (1983): a compreensão de conceitos-chave da ciência, a compreensão da Natureza da Ciência e a compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Entretanto, o segundo aspecto foi preponderante frente ao terceiro, tendo ele um lugar de centralidade, pois o nosso foco principal esteve na perspectiva da Abordagem Contextual.

O tema radioatividade foi escolhido para a pesquisa tendo-se em vista as observações realizadas pela primeira autora deste artigo em ações do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) da Licenciatura em QUÍMICA da UFS, *campus* São Cristóvão, durante a aplicação da oficina temática “Radiação e suas aplicações”. Nas intervenções do PIBID, foram percebidas as dificuldades que os alunos apresentavam para a construção dos conceitos, devido ao grau de abstração requerido neste processo, uma vez que os fenômenos envolvidos demandam uma explicação no nível sub-microscópico da constituição da matéria. Esta dificuldade também foi observada por Pelicho (2009), que discutiu como tal aspecto contribuiu para a desmotivação dos alunos em se engajar nas aulas.

Além disso, consideramos que há que se investir ainda em propostas didáticas sobre radioatividade na perspectiva da Abordagem Contextual. Há, na literatura, um razoável número de trabalhos empíricos que

tratam da inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino de ciências, com foco em conteúdos específicos (Souza & Justi, 2012; Hygino, Souza, & Linhares, 2013; Teixeira, Greca, & Freire, 2015; Ortiz & Silva, 2016; Vital & Guerra, 2016; por exemplo), bem como trabalhos que se voltam para a discussão sobre o ensino de radioatividade, tanto envolvendo a análise de sequências de ensino e aprendizagem (SEA), como de livros e outros materiais didáticos (Eichler, Junges, & Del Pino, 2005; Eichler, Del Pino, & Junges, 2006; Machado & Nardi, 2007; Vasconcelos & Leão, 2012, por exemplo). Trabalhos que apresentam a análise de SEA sobre radioatividade, na perspectiva da História e Filosofia da Ciência, todavia, são mais raros (Pinto & Marques, 2010; Barp, 2013; Marques & Pires, 2017; Batista & Siqueira, 2017, por exemplo). Isso, de alguma forma, representa uma escassez na circulação de propostas didáticas sobre tal tema, que possam ser consideradas pelos professores no planejamento de suas aulas.

A SEA foi aplicada a 26 alunos do 2º ano do Ensino Médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Sergipe, na forma de oficina da disciplina Química. Os dados apresentados neste artigo foram obtidos por meio de gravações em vídeo. Tais dados foram mapeados, originando os episódios da sala de aula, e transcritos, de acordo com a metodologia apresentada em Mortimer, Massicame, Tiberghien e Buty (2007) e em Silva (2008). Em seguida, foram submetidos à análise, de acordo com a Análise Textual Discursiva (ATD) (Moraes & Galiazzi, 2006).

A SEA compôs-se de nove aulas que duraram seis encontros. A duração dos encontros variou de 1h30min a 3h. Essa variação ocorreu em função das especificidades das discussões e disponibilidade dos participantes. A análise que apresentamos neste artigo envolve a aula de número 05, em que foi trabalhado o conceito de descoberta a partir da leitura e discussão do texto “Final, quem descobriu a radioatividade?”, o qual foi escrito baseado, dentre outros, no artigo intitulado “Como Becquerel não descobriu a radioatividade” (Martins, 1990). A análise dessa aula evidencia o movimento discursivo em que emergem distintas concepções dos alunos acerca da descoberta na ciência, em meio à discussão da controvérsia envolvida no episódio da descoberta da radioatividade. Também é possível observar a evolução de tais concepções associadas à percepção da atuação dos cientistas em uma comunidade de prática (Kelly, 2008). A concepção de descoberta encontra-se comumente atrelada a uma concepção linear e empirista de ciência. A estrutura da SEA e as intervenções da professora junto aos alunos foram desenvolvidas no sentido de alcançar concepções mais elaboradas sobre descoberta no contexto científico.

A seguir apresentamos a estrutura da SEA.

A SEQUÊNCIA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

A SEA² foi elaborada com o intuito de construção de uma alternativa a mais de material didático sobre radioatividade, voltando-se à Abordagem Contextual. Conforme comentamos, sua estrutura inspira-se na proposta de Aikenhead (1990) para os currículos CTS. O autor propõe que, a partir de um tema social, busque-se a compreensão histórica de construção dos conceitos, considerando-se aspectos sociais, econômicos e de interesse pessoal dos cientistas, de modo que, ao retornar ao tema inicial, o aluno possa apresentar um novo olhar sobre o mesmo.

Assim, nesta SEA, o tema radioatividade foi proposto por meio de uma problemática atual: o uso de material radioativo na medicina e o seu descarte. Seguindo esta discussão inicial, foram intercaladas aulas em que o foco variava entre a elaboração dos conceitos científicos e o contexto histórico envolvido em sua descoberta. Prosseguindo, o tema sócio-científico é retomado, ampliando-se a percepção de ciência, por relacionar as construções científicas ao seu uso na sociedade. Nas duas últimas aulas da SEA, o foco recai novamente na abordagem de aspectos característicos da Natureza da Ciência e em um aprofundamento em questões relacionadas às figuras de Becquerel e Marie Curie, protagonistas do episódio histórico discutido.

Abaixo apresentamos o Quadro 1, em que é identificada cada aula da SEA em relação aos seus respectivos objetivos. Nele, é possível situar a aula 5, em que foram desenvolvidas discussões fundamentais sobre a descoberta da radioatividade, as quais são neste artigo analisadas.

² A Sequência de ensino e aprendizagem informada neste artigo é apresentada em https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8560/2/JENNYFER_ALVES_ROCHA.pdf.

Quadro 1- Identificação das aulas da SEA de acordo com seus objetivos.

Aula	Objetivo
01	Identificar as concepções prévias dos alunos e promover seu engajamento inicial a partir da questão problematizadora que aborda o acidente radioativo com o Césio 137.
02	Introduzir e desenvolver o conceito de radiação, abordando suas classes: eletromagnética, corpuscular e gravitacional e, ainda, ionizante e não ionizante.
03	Introduzir e desenvolver conceitos relacionados às grandezas que caracterizam uma onda (comprimento e frequência) e promover a compreensão sobre o espectro eletromagnético.
04	Promover uma discussão sobre a descoberta dos raios X, abordando práticas envolvidas nas investigações científicas, tais como: observação, elaboração de hipóteses e testes empíricos. Discutir sobre o papel das comunidades científicas e a ideia de método científico na elaboração e legitimação de teorias. Construir o conceito atual de raios X.
05	Promover uma discussão sobre a descoberta da radioatividade, (re)construindo o próprio conceito de “descoberta”.
06	Introduzir e desenvolver os conceitos de partículas subatômicas, radiação nuclear, período de meia-vida e os processos de fissão e fusão nuclear.
07	Explorar a aplicação da radioatividade na Medicina e discutir sobre o acidente nuclear que ocorreu em Goiânia com o Césio 137, enfatizando a importância do conhecimento científico na prevenção de acidentes, bem com a relação C-T-S.
08	Promover uma discussão sobre características da Natureza da Ciência trabalhadas e construídas durante a aplicação da SEA.
09	Promover uma discussão sobre os aspectos sociais e econômicos da vida dos cientistas Henri Becquerel e Marie Curie, destacando os interesses pessoais e da comunidade científica na produção do conhecimento.

A aula 5, ocorrida no terceiro encontro da SEA, teve a duração aproximada de 1h30min. Ela foi iniciada com a leitura silenciosa, realizada pelos alunos, do texto “Afinal, quem descobriu a radioatividade?”. O objetivo foi promover uma discussão acerca do autor de tal feito, fornecendo assim informações sobre os acontecimentos deste episódio histórico, dando oportunidade aos alunos de refletirem sobre os fatos e a partir destes responder tal questão. Durante este processo de discussão, podemos observar também as concepções que os alunos apresentavam sobre o próprio conceito de descoberta na ciência. Apesar de ter sido proposta a questão sobre quem teria sido o descobridor da radioatividade, o propósito da aula não foi fazer com que os alunos chegassem a um consenso sobre isso. Entendemos que a própria percepção dos alunos de que eleger um cientista como descobridor não era tarefa simples, pois envolvia a (re)elaboração de critérios que se aliavam às concepções de ciência que estavam construindo, se constituiria em um avanço no sentido de romper com estereótipos sobre a NdC. Após a discussão realizada pelos alunos com seus grupos e com as professoras, eles foram orientados a responder um questionário pós-texto no qual expressaram suas concepções sobre os aspectos discutidos.

UM POUCO SOBRE A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE

A fim de evidenciarmos aspectos presentes no episódio da descoberta da radioatividade que contribuem para a compreensão da NdC, apresentaremos um breve resumo histórico desse episódio que se encontra descrito no texto trabalhado com os alunos.

No final do século XIX, a descoberta realizada por Roentgen (1845-1923) sobre os raios X causou grande repercussão em meio à comunidade científica da época, o que levou vários cientistas a desenvolverem experimentos que auxiliassem na compreensão desse novo fenômeno. Diante disso, várias hipóteses foram elaboradas. Dentre elas, destaca-se a hipótese apresentada por Poincaré, a qual considerava que a emissão de raios X estava associada diretamente ao fenômeno de luminescência, de modo que tais raios seriam emitidos por materiais fluorescentes, independentemente da sua origem. Atualmente, sabe-se que a fluorescência não está associada à emissão de raios X. Todavia, essa hipótese serviu para mobilizar diversas pesquisas na época como, por exemplo, a pesquisa desenvolvida pelo físico francês Henri Becquerel (1852-1908) que seguiu a proposta de Poincaré (1854-1912) e investigou o

comportamento de corpos fluorescentes para compreender a natureza da origem dos raios X. Becquerel trabalhou com diversos compostos que apresentavam em comum o fenômeno da fluorescência, incluindo aí os compostos de urânio. Ele reproduziu os experimentos desenvolvidos por Charles Henry (1870-1931) e Gaston Niewenglowski, realizados com materiais que apresentavam um fenômeno similar à fluorescência, a fosforescência, além de chapas fotográficas.

No experimento, chapas fotográficas eram envoltas em várias camadas de papel negro e permaneciam intactas mesmo quando expostas ao sol, mas eram impressionadas se, além disso, sobre elas fossem colocadas lâminas de vidro com substâncias fluorescentes, tais como sulfeto de zinco ou cálcio. Becquerel ponderou que, ao expor um sal de urânio ao sol, este receberia radiação solar e emitiria luminosidade, a qual causaria manchas em chapas fotográficas envoltas em papel grosso. Isso se deveria aos raios X. Ao revelar as chapas, Becquerel percebeu a presença de manchas, como havia imaginado. Deste modo, resolveu apresentar seus resultados à comunidade científica.

No dia que tentara repetir o experimento, o céu estava nublado; então, ele resolveu guardar os sais de urânio sobre uma chapa fotográfica que estava envolta por um envelope preto. Por não serem expostos à radiação solar, Becquerel acreditava que os sais não poderiam causar manchas na chapa fotográfica. Todavia, o resultado o surpreendeu, pois, ele pode observar que os sais de urânio provocaram uma mancha ainda mais intensa que aquelas do experimento em que as chapas foram expostas à radiação solar. Deste modo, Becquerel levantou a hipótese de que estava diante de um novo tipo de radiação, emitida pelos sais de urânio. Ele relacionou esse fenômeno à existência de uma “fosforescência invisível”, pois o fenômeno da fluorescência, parâmetro para a escolha do material estudado, não era suficiente para explicar o fenômeno observado. Desse modo, deduziu que a fosforescência invisível, assim como os raios X, seria capaz de provocar as manchas em chapas fotográficas, mesmo quando estas não eram expostas à radiação solar. Para Becquerel, os sais de urânio apresentariam o fenômeno hoje conhecido como fosforescência, por meio do qual substâncias podem emitir radiação visível por terem absorvido energia luminosa fornecida por determinada fonte, mesmo algum tempo depois que o fornecimento de energia tenha cessado. Os raios emitidos pelo urânio ficaram conhecidos como os raios de Becquerel.

A pesquisadora Marie Sklodowska Curie (1867-1934) continuou a pesquisa realizada por Henri Becquerel sobre a radiação emitida pelos sais de urânio, em 1898. Ao estudar os sais de tório e urânio, Marie percebeu que os raios emitidos pelos compostos deveriam ser explicados por uma propriedade atômica e não tinham qualquer relação com fluorescência retardada, como Becquerel havia proposto. Tal constatação foi possível, pois a pesquisadora utilizou metodologias diferentes das de Becquerel. Destaca-se aí o fato das diversas interpretações para o mesmo fenômeno, o que é recorrente no fazer científico. Deste modo, por meio das análises e observações realizadas por Marie, foi possível um novo direcionamento nas pesquisas sobre os compostos denominados, então, de radioativos.

“Os raios urânicos foram frequentemente chamados raios de Becquerel. Pode-se generalizar esse nome, aplicando-o não apenas aos raios urânicos, mas também aos raios tóricos e a todas as radiações semelhantes. Chamarei de radioativas as substâncias que emitem raios de Becquerel. O nome de hiperfosforescência, que foi proposto para o fenômeno, parece-me dar uma falsa ideia de sua natureza”.
(Curie, 1899, p. 42 como citado em Martins, 1990, p. 40).”

Pesquisadores como Ernest Rutherford (1871-1937) deram continuidade aos estudos de Marie e evidenciaram outras características do fenômeno que a cientista denominava de radioatividade. Rutherford (1871-1937) estudou as propriedades elétricas da radiação emitida pelos átomos e identificou a emissão de partículas, as quais denominou de alfa (a partícula carregada positivamente) e beta (a partícula carregada negativamente). Foi por meio dos estudos sobre radioatividade que Rutherford percebeu a descontinuidade da matéria e com o desenvolvimento de novos experimentos propôs também um novo modelo atômico (Martins, 1990; Chassot, 1995), o que colaborou para o avanço na compreensão dos fenômenos radioativos pois, até então, o modelo que circulava nas pesquisas, inclusive nas de Marie Curie, era o proposto por Thomson, o qual não presumia a existência de núcleo e partículas nucleares.

A descrição do episódio da descoberta da radioatividade mostrou-se oportuna na constituição da SEA por instigar discussões que direcionaram os alunos rumo à superação de estereótipos sobre o conceito de descoberta na ciência (Cordeiro & Peduzzi, 2011). Ela evidencia como diferentes cientistas apresentam distintas interpretações para um mesmo fenômeno, sendo que algumas delas podem até mesmo ser incompatíveis com as evidências experimentais, tendo em vista o próprio arsenal teórico da época. Nesse sentido, explicita-se a ideia de que não há um método científico único que conduza às verdades absolutas. Evidencia, ainda, a inserção dos cientistas em uma comunidade de prática, a qual é responsável pela

legitimação das concepções científicas. A compreensão dos acontecimentos descritos no texto certamente favorece uma evolução da concepção de descoberta e de outras concepções a esta relacionadas, rompendo com ideias disseminadas nos próprios livros didáticos, as quais se afastam do que pode ser considerado como características das ciências, como discutido por Niaz (2001) e Cobern e Loving (2001).

Reflexões sobre a Natureza da Ciência e as Concepções de Descoberta.

A concepção de ciência como uma atividade humana, desenvolvida de acordo com estruturas socialmente construídas, tem sido evidenciada desde a década de 1960 (Schwab, 1962; Khun, 1997; Lemke, 1990). A ideia de que as produções da ciência não podem ser compreendidas em separado da percepção da organização social das comunidades científicas vem se expressando cada vez mais em trabalhos da História, Sociologia e Antropologia da Ciência, bem como em estudos da ciência contemporânea (Shapin & Schaffer, 1985; Latour, 1987; Lynch & Woolgar, 1990, por exemplo). Tais trabalhos retratam a ciência como uma prática social, em que os cientistas elaboram e negociam valores os quais orientam a decisão sobre a pertinência das questões, métodos e respostas alcançadas.

Autores como Cobern e Loving (2001) e Niaz (2001) apresentam uma discussão de características da ciência, buscando delimitá-la frente a outros saberes. Nesse aspecto, dentre outras características, enfatizam o processo de construção coletiva, em que se expressa a dimensão discursiva e argumentativa da ciência na validação e legitimação dos conhecimentos. A comunidade de cientistas se funda no princípio de que o conhecimento científico deve ser tornado público e resista ao escrutínio e aos testes propostos por tal comunidade, os quais são também revistos ao longo dos anos. Niaz (2001) discute que a Natureza da Ciência pode ser entendida como uma transição progressiva de princípios heurísticos como conceitualizado em Schwab (1962). À luz de estudos da História e Filosofia da Ciência, o autor chama atenção para três pontos: O progresso científico é caracterizado pela competição entre teorias rivais, diferentes cientistas podem interpretar um mesmo experimento em mais que uma forma e o desenvolvimento de teorias científicas às vezes se baseia em fundamentos inconsistentes.

Na perspectiva de compreender a Natureza da Ciência e do fazer científico, as descobertas ganham destaque, marcando uma concepção de ciência, de modo que merecem ser objeto de reflexão com o intuito de que seja promovida uma compreensão crítica do termo.

Kuhn (1997) discute sobre a problemática relativa à ideia de descoberta, fundada em um viés empírico-positivista, a qual corresponde a um evento que acontece em um local e momento específicos, desconsiderando-se o complexo processo de construção de teorias na ciência. Geralmente, trata-se de um evento em que o descobridor tem uma espécie de iluminação, sem que haja uma estrutura teórico-lógica permeando esse *insight*. Nessa perspectiva, além de o foco recair em um pesquisador individual, com muito pouca ou mesmo nenhuma relação com uma comunidade científica, muitas vezes acaba-se por minimizar todo o esforço intelectual envolvido no arcabouço experimental que possibilita a percepção do fenômeno pelo próprio cientista, a verificação de resultados discrepantes que lhes chamam atenção. A ideia de acaso é então tomada para dar sentido a situações em que os resultados empíricos inesperados sugerem que se está diante de um novo fenômeno na ciência. Todavia, ela encobre toda a articulação empírico-teórica para a emergência do próprio fenômeno, ou seja, o fenômeno (a ser explicado) não emerge casualmente como se faz acreditar.

Tal concepção, tomada ao extremo, pode levar à ideia de que quem observou primeiro é o descobridor do fenômeno, mesmo que a observação venha a ser feita por uma pessoa alheia a uma fundamentação teórica consistente. Nesse sentido, não há trabalhos anteriores e nem é necessário um cientista habilidoso e equipamentos adequados para que a “descoberta” ocorra.

Kuhn (1997) argumenta que o termo descoberta é enganoso, considerando a necessidade de novos conceitos e vocabulários na História da Ciência para analisar eventos dessa natureza. O autor considera que tal termo sugere que *“descobrir alguma coisa é um ato simples e único, assimilável ao nosso conceito habitual (e igualmente questionável) de visão. Por isso supomos facilmente que descobrir, como ver ou tocar, deve ser inequivocamente atribuído a um indivíduo e a um momento determinado no tempo. Mas este último dado nunca pode ser fixado e o primeiro frequentemente também não”* (Kuhn, 1997, p. 81).

Apesar de contestada no meio acadêmico, essa concepção de descoberta acaba, por alguns mecanismos, se fortalecendo na sociedade. Cestari e Beltran (2016) observam que abordar a História da Ciência a partir das grandes descobertas científicas é como contar a história dos gênios da humanidade ou

de eventuais cientistas de sorte que fizeram descobertas por acidente. Isso é recorrente em livros didáticos e a literatura de divulgação científica também é farta em histórias de descobertas ao acaso. Como argumenta Alfonso-Goldfarb (1994), esse tipo de abordagem encobre os grandes debates, frequentes na comunidade científica, os quais possibilitam que sejam conhecidas outras teorias ou hipóteses que disputavam espaços entre si. Certamente, isso limita o entendimento sobre o papel de um coletivo na construção do conhecimento, em que se pode perceber a atuação de vários protagonistas.

A concepção de que a ciência pode ser compreendida por meio das descobertas, sempre em direção ao progresso, circula no senso comum. A pretensão de que a ciência pudesse apresentar um sistema completo de conceitos capaz de responder a todos os questionamentos sobre o universo, de modo a, progressivamente, alcançar verdades finais, foi um ideal de Descartes e Bacon e esteve também presente no início da ciência moderna (Andery *et al.*, 1996). No Século XIX, as primeiras ideias do progresso positivista de Comte, em que o “motor” do progresso da sociedade é a ciência, reafirma tal ideal. (Cestari, 2015).

Um dos inconvenientes de se analisar a história da ciência a partir de descobertas está em estipular quem foi o primeiro. À medida que a ciência avança e sua teia de relações se torna mais complexa, tal tarefa se torna cada vez mais árdua. Se, por um lado, torna-se difícil eleger um autor da descoberta, por outro, a ideia de descoberta fortaleceu-se na comunidade científica tendo-se em vista as reivindicações dos próprios cientistas em disputa pelo capital científico. A descoberta no meio acadêmico tinha/tem um certo caráter de propriedade, dando direito a prestígio e reconhecimento.

Em distintos episódios da História da Ciência que marcam as descobertas científicas é comum que apareçam disputas pelos méritos de tais feitos. A análise dessas disputas acaba por revelar o papel de uma comunidade de prática com contribuições de diferentes cientistas para a delimitação e explicação de um novo fenômeno. Todavia, é possível perceber que, cientistas protagonistas, de alguma forma, se diferenciam por permanecerem comprometidos com conceitos anteriores na percepção do “novo” ou por partirem para proposição de uma nova estrutura explicativa trazendo, de fato, um genuíno fenômeno para o cenário científico ou, por melhor dizer, iniciando tal processo de elaboração conceitual.

O caso discutido em nossa SEA evidencia tal aspecto. Os livros didáticos comumente atribuem a Henri Becquerel a descoberta da radioatividade. Nessa abordagem de descoberta, é possível, além de indicar precisamente seu autor, localizar no tempo e no espaço esse fato. Todavia se entendermos que “(...) a descoberta de um novo tipo de fenômeno é, necessariamente, um acontecimento complexo que envolve reconhecimento tanto da existência de algo, como de sua natureza (...) e que tanto a observação como a conceitualização, o fato e a assimilação à teoria, estão inseparavelmente ligados na descoberta, então esta é um processo que exige tempo” (Kuhn, 1997, p. 81). Para Kuhn (1997) só é possível descobrir em um só instante e sem esforço a existência de um fenômeno e sua natureza, se as categorias conceituais estão prontas com antecedência e, nesse caso, o fenômeno deixa de ser um gênero novo, de modo que não há descoberta. Nesse sentido, diante de um fenômeno que sugira algo novo na ciência se instaura um amplo processo de elaboração conceitual.

Seguindo essa linha de pensamento, a análise de Martins (1990) acerca do episódio da descoberta da radioatividade problematiza a autoria tradicionalmente atribuída a Becquerel. Nessa perspectiva, discute como Becquerel não descobriu a radioatividade, uma vez que o fenômeno delimitado por este autor foi descrito como uma hiperfosforescência. Os experimentos desenvolvidos por ele também não foram genuínos, mas replicações daqueles desenvolvidos Niewenglowski e Henry. Martins discute ainda como vários resultados experimentais descritos por Becquerel são improváveis. O rompimento com a explicação proposta por Becquerel, ao que se conta, se inicia com os trabalhos de Marie Curie que, junto a outros, vai desenvolvendo uma nova estrutura explicativa que possibilita que se instaure no cenário da Química e da Física um novo fenômeno – a radioatividade – nome este proposto pela pesquisadora. Na perspectiva de valorização da relação fato e assimilação de teoria ou elaboração conceitual que se dá em um coletivo, como discutido por Kuhn (1997), apontar um único indivíduo como descobridor torna-se arriscado; todavia é possível visualizar protagonistas nesse processo de percepção de que se está diante de algo novo e que, portanto, exige novas elaborações conceituais. Nesse ponto, no episódio da descoberta da radioatividade, os trabalhos de Marie Curie são percebidos como constituindo um fundamental marco inicial.

ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

A construção do *corpus* da pesquisa e os procedimentos analíticos

Os dados foram produzidos durante a aplicação da SEA para 26 alunos do 2º ano do Nível Médio do Colégio de Aplicação da Universidade Federal de Sergipe. Do total de alunos, 19 eram meninas e 07 eram meninos. Durante as aulas, os alunos foram divididos em 04 grupos para favorecer as interações discursivas.

A produção dos dados ocorreu por meio de gravações em vídeos e aplicação de questionários. Por meio das gravações em vídeo foi possível analisar as interações que ocorreram entre os participantes. Como nos propusemos a desenvolver uma análise do processo e não apenas do produto, considerando as interações que ocorrem no plano social da sala de aula, as gravações em vídeo tornaram-se imprescindíveis. Os questionários, por sua vez, nos forneceram dados os quais puderam ser triangulados junto àqueles oriundos das gravações. Vale ressaltar que, para as discussões apresentadas neste artigo, nos deteremos apenas aos dados coletados por meio das gravações em vídeo.

Para realização das gravações foram colocadas duas câmeras de vídeo na sala de aula, buscando-se o melhor posicionamento delas, de acordo com as atividades realizadas. As câmeras foram nomeadas respectivamente de “câmera fixa” e “câmera móvel”. A primeira foi colocada em uma posição na qual permaneceu durante todo o desenvolvimento da SEA, focando um grupo de alunos específico, utilizado como amostra na nossa pesquisa. A segunda foi responsável pelas gravações das interações da professora com cada grupo e com toda a turma.

O tratamento inicial dos dados consistiu na elaboração de mapas de episódio. Estes são definidos como resultado do processo de descrição da dinâmica discursiva de uma sala de aula, apresentando e caracterizando os eventos que aí se desenvolvem e expondo, de maneira clara, as interações desenvolvidas durante cada aula, sejam elas do tipo aluno/aluno ou professor/aluno (Silva, 2008).

Os mapas³ foram construídos para que pudéssemos ter uma visão geral do desenvolvimento das aulas da SEA e, assim, escolhermos os episódios mais representativos a fim de submetê-los a uma análise mais detalhada. A construção dos mapas consistiu basicamente de duas etapas: A primeira baseou-se na delimitação dos episódios, em função do tipo de conteúdo do discurso⁴, o qual pode ser de: gestão, conteúdo científico, conteúdo escrito, procedimental, dentre outros. Nessa etapa, foram identificados ainda o tempo de duração de cada episódio e as atividades desenvolvidas em cada um deles. A transcrição de algumas falas que expressavam o significado central de cada episódio foi realizada também neste momento. Após essa etapa, as discussões que predominaram em cada episódio em que os conteúdos científicos eram desenvolvidos foram submetidas a um processo de categorização, tendo-se em vista as concepções sobre NdC e descoberta verificadas. Utilizamos categorias emergentes, as quais surgiram no processo de análise dos dados. A segunda etapa consistiu, portanto, no aperfeiçoamento do mapa elaborado anteriormente, acrescentando a este as categorias construídas.

No Quadro 2 apresentamos um recorte do Mapa de Episódios da Aula 05.

As categorias utilizadas para análise da evolução conceitual dos alunos foram elaboradas considerando-se características da Natureza da Ciência (Alfonso-Goldfarb, 1994; Kuhn, 1997; Niaz, 2001; Cobern & Loving, 2001) descritas na literatura. O processo de categorização foi feito de acordo com a Análise Textual Discursiva (ATD) proposta por Moraes e Galiazzi (2006).

³ Os mapas de episódio das aulas da SEA informadas neste artigo são apresentados em https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8560/2/JENNYFER_ALVES_ROCHA.pdf

⁴ Mortimer e Scott (2002) afirmam que as interações entre o professor e os estudantes ocorrem por meio de diversos discursos, cujos conteúdos podem incluir: questões conceituais, tecnológicas ou ambientais; aspectos característicos das ciências, como o desenvolvimento de experimentos; ou gestão de classe, que pode envolver as instruções dadas pelo professor sobre as atividades a serem desenvolvidas.

Quadro 2 - Recorte do Mapa de Episódios da Aula 05.

Tipo de conteúdo de discurso	Episódio	Sequência	Duração	Ações dos Participantes (Alunos e professoras)	Intenções da professora	Categorias
Gestão	1. Organização da sala	Única	00:00 às 03:05			
	2. Explicação da dinâmica da aula		03:05 às 05:47			
Discurso de conteúdo científico	3. Leitura e discussão do texto sobre a descoberta da Radioatividade.	1. Entrega do texto sobre a descoberta da Radioatividade para realização de leitura inicial.	05:47 às 39:38	A professora realiza a entrega do texto sobre a descoberta da radioatividade e solicita que os alunos realizem a leitura e discutam entre si.		
		2. Discussão sobre a autoria da descoberta da radioatividade.	39:38 às 51:49	A professora instiga os alunos, por meio de questionamentos, a expor as concepções acerca de quem eles consideram o autor da descoberta da radioatividade. Deste modo os alunos puderam expor suas opiniões apresentando também suas concepções sobre descoberta.	Explorar os pontos de vista dos alunos.	Descoberta: Ser o pioneiro na visualização do fenômeno Inexistência de descoberta: apenas a observação do fenômeno. Descoberta: Elaborar uma nova explicação para dar sentido ao fenômeno. Descoberta: Construção conjunta pelos pesquisadores.

Análise Textual Discursiva

A Análise Textual Discursiva (ATD) é uma análise de dados que se situa entre duas abordagens consagradas em pesquisas qualitativas, a Análise do Discurso e a Análise do Conteúdo, possibilitando compreensões sobre os fenômenos do discurso. A partir dos dados produzidos, tendo-se em vista a problemática da investigação, a ATD pode ser concebida partindo de dois movimentos opostos: desconstrução das informações escritas e reconstrução ou síntese (Sousa & Galiuzzi, 2016).

De acordo com a ATD, a análise e interpretação dos dados ocorrem a partir de três processos: unitarização, categorização e construção dos meta-textos. A análise inicia-se com a unitarização que consiste na identificação e separação das unidades de significado. Tal processo envolve o exame dos textos em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir às unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados. Houve, nessa fase em nossa pesquisa, portanto, uma leitura cuidadosa e aprofundada das transcrições, em um movimento de separação das unidades significativas. Como informam Moraes e Galiuzzi (2006), os dados são “*recortados, pulverizados, desconstruídos, sempre a partir das capacidades interpretativas do pesquisador (p. 132)*”. Deste modo, este é o momento em que o pesquisador olha de várias maneiras para os dados, constrói várias interpretações para um mesmo registro escrito e, a partir desses procedimentos, surgem as unidades de significado. Essa fase pode ser percebida como um “caos” (Moraes, 2003), um processo de extrema desorganização.

O processo subsequente, a categorização, consiste em agrupar as unidades semelhantes, gerando as categorias. Tal processo caracteriza-se por uma comparação constante entre as unidades definidas na etapa inicial de análise, levando ao agrupamento de elementos semelhantes, sendo que, a todo o momento,

elas podem ser modificadas e reorganizadas num processo em espiral. Por fim, a partir de tais categorias são construídos os meta-textos, que consistem na interpretação dos dados obtidos nas etapas anteriores (Moraes & Galiuzzi, 2006). É esse processo de desconstrução e reconstrução de textos, resultando em metatextos, que caracteriza a Análise Textual Discursiva. Tal análise pode ser percebida, então, como desenvolvida em torno de três focos, os quais são denominados de: desmontagem, estabelecimento de relações e captando o novo emergente.

Vale ressaltar que, as etapas de unitarização e categorização que fazem parte da Análise Textual Discursiva são consideradas muito semelhantes ao que se faz na Análise de Conteúdo, tendo-se em vista os processos recursivos mobilizados na construção de categorias para elaborações de novas compreensões. Por outro lado, há diferenças significativas em relação às concepções de como se produz conhecimento em ambas as abordagens, pois na Análise de Conteúdo, considera-se que cabe ao pesquisador desvelar um conhecimento intrínseco aos dados, enquanto que na Análise Textual Discursiva, a unitarização e a categorização se constituem como etapas para que novas compreensões possam ser produzidas. Nesse ponto, a ATD passa a apresentar similaridades com a Análise do Discurso, em que se extrapola o presumivelmente “dito”, a materialidade linguística pois, apesar da força que é conferida às palavras selecionadas pelos falantes (ou escritores) as quais marcam os textos, sendo isto valorizado na ATD, passam-se a se expressar os efeitos de sentidos relacionados ao discurso.

Na perspectiva de aproximações entre a ATD e a análise do discurso, consideramos possível associar aspectos previstos na metodologia proposta em Mortimer *et al.* (2007) e Silva e Mortimer (2010) com a ATD. A proposta apresentada por esses autores inspira-se em procedimentos metodológicos da etnografia interacional, em que os episódios que caracterizam a rotina de uma sala de aula são delimitados e analisados na perspectiva de análise do discurso. Em nossa pesquisa, durante o recorte inicial dos episódios e elaboração dos mapas, de acordo com os referidos autores, foi promovida uma análise panorâmica dos mesmos, o que correspondeu a uma aproximação inicial dos dados e, a partir daí os episódios mais característicos da evolução das ideias dos alunos foram transcritos, tendo a análise aprofundada por meio da ATD.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aula 05 da Sequência de Ensino e Aprendizagem teve por objetivo promover uma discussão acerca da concepção de descoberta, a partir de uma perspectiva histórica envolvendo o episódio da descoberta da radioatividade, de modo a possibilitar um avanço nas concepções iniciais dos alunos. A abordagem histórica fomentou uma discussão que gerou reflexões instigantes em direção à superação de estereótipos que simplificam o complexo processo de construção de teorias na ciência. Nesse sentido, o texto-base da aula, o questionário pós-texto e as interações desencadeadas pelas professoras, em conjunto, foram fundamentais para gerar “conflitos” nas concepções dos alunos, de modo a favorecer o processo de ruptura com ideias que enquadram as “descobertas” em uma perspectiva empírica e linear de ciência.

A aula iniciou-se com a leitura do texto, “Afinal, quem descobriu a radioatividade?”, pelos alunos. Tal texto propõe uma problematização sobre a autoria de tal feito. Deste modo, informou os experimentos realizados por Becquerel, apresentando as hipóteses e conclusões elaboradas por este cientista, assim como as conclusões de Marie Curie sobre os fenômenos radioativos. Ao final, o texto apresenta uma indagação aos alunos acerca de quem eles consideravam o autor da descoberta da radioatividade, embasados nas informações disponibilizadas. Após a leitura silenciosa, a professora conduziu uma discussão sobre o texto, explorando conceitos não compreendidos pelos alunos, procurando sempre dar voz aos mesmos para que expressassem suas opiniões e dúvidas. Após a discussão, os alunos receberam um questionário onde puderam expressar suas interpretações.

Durante a leitura do texto, os alunos tiveram a oportunidade de discutir em seus grupos sobre quem eles consideravam o autor da descoberta da radioatividade. De acordo com a ATD desenvolvida, foram geradas três categorias relacionadas às concepções sobre descoberta na ciência. A primeira categoria expressa a ideia de que o descobridor é aquele que primeiro presencia o fenômeno em si mesmo, em sua manifestação empírica. A segunda categoria leva em consideração a ideia de descoberta como um processo de elaboração conceitual em torno do fenômeno observado e, portanto, com o início da instauração de um novo fenômeno na ciência. Nesta categoria, expressa-se a concepção de que descobrir vai além de verificar o evento, requerendo, sobretudo, caracterizá-lo e conceituá-lo. A terceira categoria considera a descoberta como um processo de construção coletiva. O que predomina nesta categoria é o fato de evidenciarem-se as contribuições de vários cientistas para a conceitualização.

Tais categorias originaram-se de unidades de significado que se encontram imersas nos textos transcritos e são abordadas em nossa análise de acordo com sua aparição nas discussões apresentadas. A análise que apresentamos corresponde a uma interpretação das categorias expressando, assim, os meta-textos previstos nos processos envolvidos na ATD. Como descrito por Moraes e Galiazzi (2006), a produção de meta-textos exige um conjunto de argumentos e descrições das categorias elaboradas na etapa anterior, que podem se aproximar mais do *corpus* original, todavia sendo mais interpretativo, afastando-se deste em um nível de abstração ou de teorização que vai depender dos objetivos da pesquisa.

Abaixo apresentamos o Quadro 3, em que aparecem, para cada categoria que informamos, as respectivas denominações, descrição e unidades de significado (exemplos). As falas correspondem a respostas argumentativas dos alunos relacionadas à pergunta da professora sobre quem teria descoberto a radioatividade. Decidimos apresentar as unidades de significado inseridas em pequenos trechos de textos que correspondem a falas dos alunos em interação com a professora, a fim de favorecer a compreensão do leitor.

Quadro 3- Categorias construídas a partir da ATD para o conceito de descoberta.

Categoria	Descrição da Categoria	Exemplos de Unidades de Significado
Visualização do Fenômeno	Expressa a ideia de que descobrir é presenciar ou evidenciar o fenômeno pela primeira vez.	<p>A01: [...] foi Antoine Henri, por que tipo, ele foi <u>o primeiro de todo mundo</u> [...].</p> <p>A11: [...] foi Becquerel <u>pelo fato de ele ter visto</u> [...]</p> <p>A11: [...] ele não disse que era a radioatividade, <u>mas foi ele quem viu o fenômeno, [...] quem presenciou a primeira vez.</u></p> <p>A01: [...] <u>ele descobriu o negócio</u>, mesmo que ele tenha explicado errado</p> <p>A01: [...] ele divulgou[...].</p>
Elaboração Conceitual	Considera a descoberta como um processo de elaboração conceitual em torno do fenômeno observado.	<p>A08: [...] ela <u>explicou o que é radioatividade.</u></p> <p>A14: [...] <u>foi ela que conceitualizou</u> [...]</p> <p>A14: [...] <u>ela soube explicar melhor, criar conceitos, uma teoria mais evoluída pra explicar.</u></p>
Construção Coletiva	Considera a descoberta como um processo de construção conceitual coletiva.	<p>A14: <u>Todo mundo!</u></p> <p>A14: <u>Não tem como escolher um</u> (...)</p> <p>A13: [...] <u>não dá para ter um consenso geral, porque não foi uma coisa que dependeu apenas de uma pessoa</u></p> <p>A13: [...] <u>tipo uma criou, ah uma fez o experimento, uma sintetizou.</u></p>

Apesar das diferenças evidentes entre as categorias, é possível verificar que, ao longo da evolução conceitual dos alunos, elas podem se aproximar em alguns momentos, no sentido de manterem compromissos com uma concepção empirista e linear de ciência. A primeira categoria (Visualização do fenômeno) expressa de forma mais nítida esse compromisso; todavia, conforme discutiremos, tal concepção pode se expressar na categoria construção coletiva, quando não se enfatizam as rupturas entre os trabalhos de diferentes cientistas, considerando-se que há sempre uma continuidade entre estes.

Iniciamos, a seguir, a apresentação da análise considerando as transcrições, as quais representam as discussões desenvolvidas entre alunos e entre alunos e professora. Destacamos que, neste encontro, houve a participação de duas professoras, sendo elas: a professora pesquisadora, caracterizada nas transcrições como P01, e a professora da escola em que foi desenvolvida a pesquisa, representada nas transcrições como P02.

Quadro 4 - Trecho 01 do episódio 03. Encontro 03.

Turno	Transcrição do Episódio 03 - Leitura e discussão do texto sobre a descoberta da Radioatividade.	Aspectos Contextuais
01	A01: Já acabou de ler? Você acha que foi quem?	
02	A14: Todo mundo!	
03	A01: Deixa eu ver se eu entendi. O que aconteceu com esse cara da chapa fotográfica foi antes ou depois daquele cara que fez a ampola de Crookes? Dos raios X?	O aluno referiu-se a Roentgen quando citou: “o cara da chapa fotográfica”.
04	A14: Depois.	
05	A01: Depois? Então quem descobriu a radioatividade foi esse cara do raio X.	O aluno referiu-se a Roentgen quando citou: “o cara do raio X”.
	Conversas paralelas.	
06	A01: Ahh! Entendi, entendi! Entendi, Roentgen descobriu o raio X antes de todo mundo, só que ele não sabia que era radioativo, então não contou, só contou a partir de Becquerel. É tanto que ela ((a professora)) falou na aula passada que ele descobriu o raio X antes e foi fazer a experiência com raio X e que todo mundo morre de câncer por estar exposto há muito tempo, porque ele não sabia que era radioativo.	Em sua fala, por meio da expressão “não contou”, o aluno informa que Roentgen não será levado em consideração em sua escolha sobre o descobridor da radioatividade.
07	A13: Eu fiquei entre os dois né, Becquerel e Marie Curie.	
08	A01: Eu fiquei entre os dois; eu acho, porque se não fosse ela ((Marie)) não teria descoberto sobre a radioatividade, mas se não fosse ele ((Becquerel)) também ela não tinha descoberto, porque foi ele que tipo, deu o pontapé inicial.	
09	A13: Ele observou...	
10	A01: Mas eu acho que ele, tipo, se não fosse ele ((Becquerel)) não teria nem começado. Outra pessoa poderia entrar no lugar dela, mas outra pessoa não poderia entrar no lugar dele, porque ele foi o primeiro de todo mundo, eu acho.	
11	A13: É faz mais sentido.	
12	A01: Todo mundo veio depois da ampola de Crookes, então foi Henri Becquerel.	
13	P02: Qual foi a conclusão que vocês chegaram?	A professora se aproxima do grupo e inicia a discussão
14	A01: Então professora, a gente chegou à conclusão que foi Antoine Henri, por que tipo, ele foi o primeiro de todo mundo, claro que se não fosse por Marie Curie, os estudos não poderiam ser desenvolvidos, os estudos da radioatividade. Mas, eu acho que assim, se fosse por exemplo para tirar um dos dois, seria ela. Porque mesmo ela não aparecendo, com o pontapé inicial de Antoine Henri que foi ele que expôs para a comunidade científica, outra pessoa poderia surgir e estudar os raios, a radioatividade no lugar dela, entendeu? Que sem ele, não teria como, pois foi ele que espalhou para a comunidade científica que ((o aluno lê um trecho do texto entregue)) “após a descoberta, Becquerel resolveu compartilhar com a comunidade científica da época”, então foi ele que divulgou todo esse conhecimento.	

Conforme informamos, após a leitura do texto, os alunos iniciaram uma discussão no próprio grupo apresentando suas concepções sobre o autor da descoberta da radioatividade. Notamos que, a leitura realizada pelos alunos não foi suficiente para que compreendessem com clareza os experimentos realizados e as conclusões apresentadas pelos cientistas. Tal fato pode ser percebido no turno 06, em que a fala de A01 denota uma confusão com relação aos fenômenos de emissão de raios X e radioatividade, de modo a considerar que o primeiro a presenciar o fenômeno da radioatividade seria Roentgen, embora esse cientista não tivesse compreendido o fenômeno como radioativo.

“A01: Ahh! Entendi, entendi! Entendi, Roentgen descobriu o raio X antes de todo mundo, só que ele não sabia que era radioativo, então não contou, só contou a partir de Becquerel. (...)”

A compressão dos aspectos relacionados às experiências, hipóteses e conclusões dos cientistas vai sendo desenvolvida em meio às interações nos grupos de alunos junto às professoras, antes mesmo de haver uma discussão com toda a turma.

Um primeiro aspecto que indica o início de um processo de superação de uma visão estereotipada de descoberta, a qual envolve a atuação de um indivíduo trabalhando isoladamente em seu laboratório, pode ser percebido logo na fala do aluno A14, no turno 02. Quando questionado sobre quem ele considerava o autor da descoberta, o mesmo responde que seriam todos os envolvidos. Isso indica que o aluno concebe, mediado pelas informações do texto, que não há um único descobridor ou, ao menos, é difícil identificá-lo devido as diferentes contribuições de distintos cientistas nesse processo. Tem-se aí a concepção de descoberta como uma construção coletiva, mesmo que sem a evidência das discontinuidades desse processo. Vale ressaltar que, a proposta do texto considerava que os alunos deveriam apontar uma pessoa como responsável pela descoberta, embora as informações nele apresentadas não tornassem simples tal escolha. Mesmo entendendo que a demanda de indicação de um único descobridor seja controversa e um tanto perigosa, consideramos que ela apresenta um efeito didático bastante positivo, pois fomenta as discussões e possibilita o avanço da aula no intuito de atingir o objetivo traçado. Desse modo, os alunos vão alterando suas ideias relativas à atribuição do feito da descoberta, ao tempo em que vão levando em conta distintos aspectos relativos ao episódio histórico, bem como concepções mais abrangentes sobre a NdC.

No turno 07 observamos que o aluno A13 apresenta sua ideia afirmando que está em conflito sobre o autor da descoberta e sua dúvida recai entre os cientistas Marie Curie e Henri Becquerel. No turno seguinte, o aluno A01 fala sobre sua percepção sobre a autoria de tal feito, afirmando que os dois cientistas citados pelo colega contribuíram nesse processo.

“A01: Eu fiquei entre os dois. Eu acho, porque se não fosse ela ((Marie)) não teria descoberto sobre a radioatividade, mas se não fosse ele ((Becquerel)) também ela não tinha descoberto, porque foi ele que tipo, deu o pontapé inicial.”

Com o prosseguimento da discussão, todavia, o aluno A01 chega à conclusão que o autor da descoberta da radioatividade seria o cientista Henri Becquerel. A justificativa para esta conclusão leva em conta o fato de que Becquerel foi o primeiro a presenciar esse fenômeno. Quando indagado pela professora P02 sobre a qual conclusão o grupo chegou, o aluno A01 respondeu:

“A01: Então professora, a gente chegou à conclusão que foi Antoine Henri, por que tipo, ele foi o primeiro de todo mundo. (...) Que sem ele, não teria como, pois foi ele que espalhou para a comunidade científica (...)”

Alguns pontos nos chamaram atenção no argumento apresentado pelo aluno A01. Como pode-se perceber, o aluno advoga em favor de Becquerel por ter sido ele o primeiro a presenciar o fenômeno e divulgá-lo à comunidade científica, mesmo compreendendo que este cientista não havia apresentado uma explicação que se dirigisse a uma nova elaboração conceitual condizente com os dados obtidos e os questionamentos a estes relacionados, na época. Isso foi introduzido por Marie, anos depois. Nessa perspectiva, o fenômeno radioatividade passa a existir na ciência partindo da elaboração desta cientista. Pode-se considerar que o fenômeno “visto” por Becquerel foi uma fosforescência e não radioatividade. Isso, naturalmente, não é considerado pelo aluno, de modo a não aparecer em seus argumentos. Ao longo das discussões vai emergindo a ideia de que Becquerel e Marie Curie elaboraram diferentes explicações para um mesmo fenômeno; todavia, seria oportuno considerar que eles delinearão racionalmente fenômenos diferentes: Becquerel, a fosforescência retardada e Marie, a radioatividade.

O aluno A01 considera que, como Becquerel apresentou o fenômeno à comunidade científica, não há como desconsiderar ou minimizar o fato de que ele foi o primeiro; todavia, com relação a Marie, ele presume que, caso não fosse esta cientista, outra pessoa, em algum momento desse episódio histórico, teria assumido o seu papel. Ou seja, o papel de Becquerel é de certa forma, legítimo, garantido, pois ele veio primeiro, mas o de Marie, por ter vindo depois, não lhe confere garantia de que outro não o assumiria. Essa lógica é expressa por A01 de forma muito clara e revela uma percepção determinista do caminho de produção do conhecimento científico, no sentido de considerar que, inevitavelmente, o trajeto de construção

de ideias aconteceria, ainda que com diferentes personagens. Tal lógica sustenta a concepção de descoberta como sinônima de presenciar ou desvelar o fenômeno, o evento em si mesmo.

Outro aspecto relevante que podemos observar na fala deste aluno corresponde a uma característica importante da Natureza da Ciência qual seja, a presença da comunidade científica na produção e legitimação dos conhecimentos, sendo que é por meio desta comunidade que os cientistas têm acesso às diferentes pesquisas, sobre as quais têm a oportunidade de aprofundar seus estudos, aprimorando conceitos já postos ou elaborando outros novos.

A professora segue interagindo com os alunos a fim de chamar atenção para o trabalho desenvolvido por Marie e fomentar mais a discussão. Seu intuito foi esclarecer aspectos ligados a participação de Marie na descoberta da radioatividade, de modo que os alunos os levassem em conta na elaboração de seus argumentos. Podemos observar parte dessa discussão no Quadro 5.

Quadro 5 - Trecho 02 do episódio 03. Encontro 03.

Turno	Transcrição do Episódio 03 - Leitura e discussão do texto sobre a descoberta da Radioatividade.	Aspectos Contextuais
23	P02: (...) vocês consideram que foi Becquerel porque ele foi o primeiro a observar o fenômeno?	
24	A01: Foi.	
25	P02: Mas, qual a explicação que ele deu para esse fenômeno?	
26	A01: Ele dizia que corpos, que esses materiais fosforescentes quando recebiam luminosidade eles emitiam raios X que causavam manchas na chapa fotográfica.	
27	P02: O raio X que causava mancha; mas depois ele percebeu que estava diante de um fenômeno novo.	
28	A01: Isso, foi.	
29	P02: Por que que ele percebeu que não eram os raios X?	
30	A01: Porque quando ele foi fazer o experimento o dia estava meio fechado, nublado, aí não tinha sol, aí ele não quis nem fazer o experimento, aí ele guardou numa gaveta com a chapa lá. Aí quando, no outro dia, quando ele foi pegar, estava muito mais manchado do que quando ele colocava no sol. E viu que não era o sol o fator limitante para acontecer a “reação”, era outra coisa.	Ao utilizar os termos “meio fechado” o aluno refere-se ao tempo, ou seja, a ausência do sol. O sol era um fator fundamental para a realização do experimento, de acordo com a proposta de Becquerel.
31	P02: (...) eu só estou querendo dizer isso para vocês refletirem sobre essas controvérsias, entendeu? Está entendendo a controvérsia que tem? Porque ele se deparou com o fenômeno, mas a explicação que ele deu, foi uma explicação não conclusiva e não era esse o caminho. Ele estava explicando o que havia visto por meio de uma característica que, na verdade, não dava conta de explicar aquele fenômeno, não era suficiente.	A professora, em seu discurso, referiu-se a Becquerel.
32	A01: Ele disse que se tratava de uma fosforescência invisível, né?	
33	P02: Uma fosforescência invisível era no sentido de dizer que, um material fluorescente ele recebe a luminosidade e emite. A fosforescência, mesmo depois de cessada a causa, ele continuava.	
34	A01: Fosforescente né?	
35	P02: Isso, fosforescente. Tá aqui escrito, se quiser pode voltar e ler. E aí, ele imaginou que poderia se tratar de uma fosforescência né, e isso não revela a natureza da radioatividade, tá?	
36	A01: Só que, não é?	
37	P02: Não! Então, a explicação dele não foi... Não deu conta de explicar o fenômeno como a gente conhece hoje.	
38	A01: Mas eu acho professora que...	

39	P02: Então, eu só estou colocando um ponto a mais pra vocês refletirem, chamando atenção para um aspecto que vocês não revelaram na fala de vocês.	A professora se retira do grupo após esse turno de fala.
40	A13: No caso, ele descobriu e ela sintetizou.	
41	A01: Porque assim, eu acho que, beleza, a explicação dele não foi muito boa, é... por exemplo, o tempo que ele estava não tinha tecnologia de ponta, mas eu acho que se for fazer uma comparação assim, Dalton, por exemplo, quando ele começou a estudar o átomo, ele disse que era compacto, que era uma bola e indivisível. Ele estava errado, mas é porque ele foi o primeiro a estudar. Então, ele pegou todo o começo, não tinha nenhuma base para estrutura. Aí veio Thompson, que já tinha toda uma base e ele foi evoluindo, então, eu acho que isso foi a mesma coisa que aconteceu com a radioatividade. Ele foi o primeiro, então o primeiro é o que menos tem o banco de dados e informações para poder avançar no conhecimento sobre o assunto.	

Observamos que a professora P02 propôs questões também com o intuito de que os alunos superassem equívocos acerca das especificidades dos fenômenos estudados, pois isso se torna relevante não apenas no sentido de apropriação de novos conceitos, mas para a própria percepção da concepção de “descoberta” envolvida no episódio histórico estudado. No turno 27, ela sintetiza: *“O raio X que causava mancha, mas depois ele percebeu que estava diante de um fenômeno novo.”* A professora esclarece que o fenômeno que Becquerel presenciara caracterizava-se como um fenômeno novo, que apresentava características diferentes daquele descrito e explicado por Roentgen. Assim, ela fomenta a discussão indagando de que forma Becquerel percebeu que o fenômeno com o qual se deparara não envolvia raios X, como ele inicialmente imaginava. Em resposta à professora, o aluno A01, no turno 30, descreve o experimento realizado por Becquerel:

“A01: Porque quando ele foi fazer o experimento o dia estava meio fechado, nublado aí não tinha sol, aí ele não quis nem fazer o experimento, aí ele guardou numa gaveta com a chapa lá (...). E viu que não era o sol o fator limitante para acontecer a “reação”, era outra coisa.”

Notamos que, apesar de o aluno compreender o experimento de Becquerel, não mostrou em sua fala uma percepção clara das explicações que o cientista apresentou para o fenômeno. Assim, a professora desenvolve uma descrição esclarecendo alguns pontos, como a conclusão de Becquerel relacionando os resultados experimentais a uma espécie de fosforescência invisível. De fato, Becquerel explicou os dados empíricos considerando o fenômeno da fosforescência. Dessa forma, a explicação elaborada por este cientista não configura a percepção de um novo fenômeno, ou seja, o fenômeno da radioatividade. A abordagem da professora buscou destacar aspectos que conduzissem as ideias dos alunos nessa direção, como declarado no turno 39: *“Então, eu só estou colocando um ponto a mais pra vocês refletirem, chamando atenção para um aspecto que vocês não revelaram na fala de vocês”.*

O aluno A01 continua a discussão com o grupo, reafirmando a ideia de que Becquerel é o autor da descoberta da radioatividade, como apresentado no turno 41.

“A01: Porque assim, eu acho que beleza a explicação dele não foi muito boa, é... por exemplo, o tempo que ele estava não tinha tecnologia de ponta, mas eu acho que se for fazer uma comparação, assim: Dalton, por exemplo, quando ele começou a estudar o átomo, ele disse que era compacto, que era uma bola e indivisível. Ele estava errado, mas é porque ele foi o primeiro a estudar. (...).”

É relevante verificar como o aluno A01 busca elaborar um argumento coerente, considerando novos dados e analogias para justificar o seu ponto de vista. Ele recorre à história dos modelos atômicos, comparando-a ao episódio da descoberta da radioatividade. A história envolvendo a elaboração e proposição de diferentes modelos atômicos ao longo de séculos é recorrente nos livros didáticos de Química do 1º Ano do Ensino Médio. Na maioria dos casos, a abordagem repassa uma concepção linear e finalista de ciência, em que os modelos anteriores são vistos como degraus para os posteriores e ultrapassados diante destes últimos. Dificilmente considera-se que determinados modelos podem ser mais adequados que outros para abordar e explicar distintos fenômenos e que modelos de séculos passados podem ser abordados na atualidade sem serem considerados ultrapassados. Como discutido por Mortimer

(1995), pode-se usar um modelo do século XIX, como o proposto por Dalton, mas com uma abordagem do século XX ou XXI, ou seja, com a percepção de que os diferentes modelos não são cópias fieis de uma realidade que se coloca externa ao sujeito cognoscente, mas apenas representações desta realidade e que, por isso, podem ser igualmente úteis em função da abordagem analítica que se deseja adotar frente a determinados fenômenos.

O caso dos modelos atômicos apresenta relevantes aspectos que o torna diferente do caso da descoberta da radioatividade, em pontos que se busca desenvolver na aula aqui discutida, apesar das semelhanças que possam ser apontadas. A ideia de que a matéria é descontínua e, portanto, formada por partículas que se movimentam no vácuo, associa-se à distintas percepções da natureza dessas partículas, envolvendo a ideia de átomo. Diferentes olhares que se busca elaborar para o evento investigado podem se adequar a distintos modelos para o átomo. Nessa perspectiva, os modelos podem ser percebidos como diferentes paradigmas, associados a específicos pressupostos filosóficos, mas que podem conviver “pacificamente” na contemporaneidade. Não é necessário que um modelo atômico seja abandonado para que o outro venha a permanecer, posto que um não pode ser percebido como extensão do outro. Os diferentes modelos podem explicar coerentemente distintos fenômenos, tendo-se em vista a abordagem que se deseja tomar.

No caso da descoberta da radioatividade, não há convivência possível entre a explicação proposta por Becquerel e a elaborada posteriormente por Marie Curie. O fenômeno descrito por Becquerel, desde o início não se sustentou enquanto entendido como uma fosforescência retardada. As conclusões deste cientista findaram como inconsistentes, pois não se constituíram em um todo coerente, tendo-se em vista os dados obtidos e as questões que se colocaram diante destes na época. Sendo assim, a explicação proposta por Marie enveredou por um caminho diferente daquele tentado por Becquerel e foi aprimorada por outros cientistas que seguiram a perspectiva explicativa por ela proposta. As concepções de Marie não podem ser entendidas como um aprimoramento das concepções apresentadas por Becquerel, e é justamente esse aspecto que não fica claro na discussão desenvolvida até aquele momento com os alunos do grupo investigado. Se, por um lado, as interações entre Becquerel, Marie Curie e outros cientistas envolvidos no episódio foram fundamentais para a emergência conceitual do fenômeno da radioatividade, sendo tal interação constitutiva da ciência, por outro lado, não se pode considerar que há uma linearidade entre as conclusões de Becquerel e Marie Curie. As ideias de Marie Curie não dão prosseguimento às de Becquerel, ao contrário, rompem com as concepções propostas por este cientista.

O aluno A01 traz a concepção de linearidade da ciência que permeia a história dos modelos atômicos para o episódio da descoberta da radioatividade. Tal ideia é problematizada pela professora posteriormente, como veremos a seguir. Vale ressaltar que, como discutido por Alfonso-Goldfarb (2001) o termo descoberta é realmente enganoso, pois vem carregado de sentidos do cotidiano, estimulando a ideia de que descobrir é desvelar algo que está pronto, acabado. Isso fomenta uma concepção empirista de ciência e pode conduzir à ideia de que as leis e teorias encontram-se embutidas na natureza, o que certamente leva à concepção de que evidenciar o fato é descobrir a teoria. Apesar das contribuições deste passo para uma posterior elaboração conceitual, torna-se perigoso desconsiderar todo o esforço intelectual envolvido em tal elaboração. O Aluno A01, compreensivelmente, minimiza isso. Ele justifica o seu ponto de vista e revela posteriormente ter clareza do trabalho desenvolvido por Marie na descoberta da radioatividade; portanto, a sua opção por Becquerel não se deve a desconhecimento dos feitos de cada cientista no episódio da descoberta, mas ao peso e significado que atribui a cada um desses feitos.

Alguns outros aspectos característicos da Natureza da Ciência também podem ser analisados na fala de A01, no turno 41. Podemos citar a evolução da ciência aliada ao desenvolvimento tecnológico. A relação existente entre Ciência e Tecnologia foi utilizada pelo aluno como justificativa para as concepções de Becquerel sobre o fenômeno. Segundo o aluno A01, apesar de as ideias de Becquerel sobre o novo tipo de radiação não irem por um caminho adequado, o mérito da descoberta da radioatividade ao cientista justifica-se, pois ele não dispunha dos recursos tecnológicos necessários para uma melhor elaboração conceitual e interpretação do fenômeno. Essa inferência de A01, apesar de racionalmente viável, não se aplica adequadamente ao episódio discutido. De acordo com historiadores da ciência como Martins (1990), ao qual nos filiamos no desenvolvimento desta pesquisa, as conclusões de Becquerel não podem ser compreendidas como determinadas pela ausência de recursos tecnológicos. Não se trata de desconsiderar a importância de tais recursos em distintos episódios de descoberta na História da Ciência, pois eles influenciam o que pode ser observado e testado, trata-se, sobretudo, de levar em conta a relação entre os procedimentos experimentais e as hipóteses que os norteiam. Entendemos que as hipóteses de Becquerel parecem ser o maior empecilho na compreensão do fenômeno.

Discutindo sobre as pesquisas iniciais de Marie Curie voltadas à radioatividade, Martins (2003) aponta que seu trabalho, no ano de 1898, apesar de depender fortemente do método elétrico de medida da radiação que ela utilizava, evoluiu basicamente em função da adoção da nova hipótese de que a emissão de radiação pelo urânio era um fenômeno atômico.

A discussão prosseguiu e, nesse processo, novos elementos surgiram na fala dos alunos. Como podemos observar no Quadro 6 abaixo:

Quadro 6 - Trecho 03 do episódio 03. Encontro 03.

Turno	Transcrição do Episódio 03 - Leitura e discussão do texto sobre a descoberta da Radioatividade.	Aspectos Contextuais
42	P02: (...) Marie foi quem explicou o fenômeno da radioatividade, olhando que ele se tratava de uma característica nova, né. Agora realmente tem esse mérito que vocês estão colocando. O Becquerel foi aquele que divulgou.	
43	A01: O princípio né? Quem divulgou.	
44	P02: Mas será que ele partiu das hipóteses sozinho também?	
45	A01: Não, ele repetiu os experimentos de outros cientistas.	
46	P02: Então ele também não é tão pioneiro assim né?	
47	A06: Acho que cada um que colocava em prática, fazia melhor e ia melhorando.	
48	A14: Não tem como escolher um.	
49	P02: Não tem como escolher um porquê?	
50	A13: Do mesmo jeito que o negócio de átomo, tipo é foi Dalton que começou a estudar, mas tipo quem criou a teoria atomista foi um filósofo, Demócrito. Ai tipo, é uma coisa assim que não dá para ter um consenso geral, porque não foi uma coisa que dependeu apenas de uma pessoa, tipo uma criou, ah uma fez o experimento, uma sintetizou.	
51	A01: Foi evoluindo até chegar o resultado final né?	O aluno refere-se ao conceito de radioatividade.
52	P02: Então, a ideia que vocês estão me passando é a seguinte, um vem coloca um pouquinho, outro vem coloca outro pouquinho e essas ideias vão se somando até chegar a um resultado final. Mas será que essas ideias que eles colocam, todas são iguais? Eu estou querendo chamar a atenção de vocês para um aspecto. As interpretações de Becquerel iam por outro caminho, Marie... ela foi por outro. Marie e outros né, que não são citados aí, por que é muita gente da comunidade científica, né? A verdade é que em um determinado momento eles aparecem mais. Aí Henri veio, fez um pouco, depois Marie acrescentou, mas talvez ela não tenha completado, vai por outro caminho, entenderam? Ela vai por outro caminho. Então, será que o caminho é assim linear? Por que, repare que Becquerel partiu do experimento de Roentgen e aí ele já seguiu a hipótese de Poincaré. Esse já colocou uma coisa que é meio lá e meio cá. Aí, ele colocou um aspecto, aí Marie já foi por outro caminho. Será que esse caminho é tão bonitinho assim? Um coloca um pouquinho, outro um pouquinho, outro mais um pouquinho.	
53	A06: Eles podem discordar no caminho, as ideias né.	O aluno refere-se aos cientistas.
54	P02: Exatamente! Eles podem discordar também e irem por outro caminho e chegarem a outras conclusões. Eu acho que tem um pouco disso nessa discussão.	
55	A01: Tem, porque se ela for seguir totalmente a ideia dele que era um material fosforescente, eu acho que ela não teria chegado no conceito que ela deu no final né?	
56	P02: Então, é isso que estou tentando colocar para vocês. Será que um só vai completar o outro? As vezes um tem que dizer, não é por aí não. Ah, então vai por aqui senão não chega em lugar nenhum. Então, será que ela realmente foi completando as ideias dele?	

57	A13: Essa parte que ela sugeriu de ser propriedade atômicas. Já existia alguma síntese assim de propriedades atômicas?	
58	P02: (...) estou colocando assim: o primeiro que viu o fenômeno, foi ele quem descobriu? Eu estou colocando um ponto para discussão. Mas esse primeiro que viu o fenômeno que divulgou ele tinha uma explicação que... A Marie Curie e outros não complementou o que ele colocou, teve que destruir o que ele colocou e ir por outro caminho. É isso que eu quero que vocês pensem. Ou seja, não foi tudo bonitinho. Então eles pensaram isso aqui: nós temos que esquecer porque se for ficar aqui a gente não chega, tem que ir por outro caminho.	A professora começa seu turno de fala explicando sobre o modelo atômico vigente na época (o de Thomson) antes de retornar à relação entre as ideias de Marie e Becquerel. Após terminar o turno, a professora retira-se do grupo.
59	A01: Mas velho, isso foi injusto, ele descobriu o negócio, mesmo que ele tenha explicado errado velho, é.... sei lá, ele divulgou, está ligado.	O aluno refere-se a Becquerel.
60	A13: Para mim, o sentido da palavra descobrir foi ele.	
61	A01: Tipo aqueles médicos da idade média, descobriram a peste negra, aí dizer que a peste negra é uma doença de pessoa que não tinha alma sabe. Aí depois os caras foram lá e descobriram que a peste negra era a doença que vinha da pulga do rato, mas tipo mesmo com a explicação desse cara que descobriu primeiro, sendo errado. Mas foi ele que deu o princípio, tem grande importância. É como um prédio e aí ele é a base, se não tiver a base não tem como ter o prédio.	
62	A13: Eu acho que vou continuar com a minha teoria que ele descobriu.	

A principal intenção da professora P02 em boa parte deste episódio é problematizar a ideia de linearidade na ciência que, de certa forma, vai permeando as falas dos alunos, em paralelo à percepção de que não é simples identificar um autor da descoberta. Considerar que as construções científicas dependem de uma comunidade e que os cientistas não trabalham isoladamente com concepções que não dialogam com as de seus pares, é requerido por um ensino que busque construir concepções adequadas acerca da NdC; todavia, isso não pode ser confundido com a concepção de que as ideias sempre se somam seguindo uma mesma lógica explicativa, como pode ser observado na fala de A13 no turno 50. Vejamos:

“A13: Do mesmo jeito que o negócio do átomo, tipo é foi Dalton que começou a estudar, mas tipo quem criou a teoria atomista foi um filósofo Demócrito. Aí tipo, é uma coisa assim que não dá para ter um consenso geral, porque não foi uma coisa que dependeu apenas de uma pessoa, tipo uma criou, a uma fez o experimento, uma sintetizou.”

O avanço nas ideias dos alunos nesse momento corresponde ao fato de compreenderem a ciência como uma produção conjunta, o que torna mais difícil atribuir a uma única pessoa a realização da descoberta. O aluno A13, por exemplo, percebe a dificuldade de escolher o autor de uma descoberta, considerando que as descobertas não são fruto da pesquisa de um só cientista, mas de um esforço coletivo que envolve um conjunto de conhecimentos distintos que se complementam. Entretanto, isso pode envolver a ideia de uma ciência linear.

É essa ideia que a professora P02 busca problematizar no turno 52:

“P02: Então, a ideia que vocês estão me passando é a seguinte, um vem coloca um pouquinho, outro vem coloca outro pouquinho e essas ideias vão se somando até chegar um resultado final. (...). Então, será que o caminho é assim linear?”

A fala da professora no turno 52 é prontamente aceita pelos alunos A06 e A01, indicando uma percepção de ciência em que as ideias não seguem inevitavelmente umas às outras. Vejamos:

“A06: Eles podem discordar no caminho as ideias né?”

“P02: Exatamente, eles podem discordar também e irem por outro caminho e chegarem a outras conclusões. Eu acho que tem um pouco disso nessa discussão.”

“A01: Tem, porque se ela fosse seguir totalmente a ideia dele que era um material fosforescente, eu acho que ela não teria chegado no conceito que ela deu no final, né?”

As falas dos alunos na transcrição do Quadro 6 indicam um avanço na compreensão do fazer científico. Os alunos retomam no grupo à discussão sobre o autor da descoberta da radioatividade e mostram que compreendem que Becquerel não apresentou uma explicação coerente para o fenômeno que presenciara; todavia, o consideram o autor da descoberta por ter sido ele o primeiro a presenciar o fenômeno e apresentá-lo à comunidade científica. Isso é explicitado nas falas dos turnos 59 (A01) e 60 (A13) respectivamente: *“Mas velho, isso foi injusto, ele descobriu o negócio, mesmo que ele tenha explicado errado velho é sei lá, ele divulgou, está ligado.”* e *“Para mim o sentido da palavra descobrir foi ele.”*

As falas dos alunos A01 e A13 indicam que a opção por Becquerel como descobridor da radioatividade aparece em argumentos que vão agregando comparações e analogias e, nesse sentido, tais argumentos não podem ser considerados superficiais. Os alunos buscam justificar criteriosamente seus pontos de vista. Tal fato pode ser observado no turno 61:

“A01: Tipo aqueles médicos da idade média, descobriram a peste negra, aí dizer que a peste negra é uma doença de pessoa que não tinha alma sabe. Aí depois os caras foram lá e descobriram que a peste negra era a doença que vinha da pulga do rato (...).”

A ideia de descoberta expressa pelo aluno aparece envolvendo certo sentido de ineditismo, ou seja, descobrir é dar visibilidade a algo que é desconhecido. As palavras têm certa “força” e acabam impregnando, com seus significados estáveis, os sentidos que inundam as ideias das pessoas. Consideramos que isso está marcando o argumento do aluno A01: A ideia de descobrir como evidenciar o que não estava evidente. Nesse sentido, mesmo Becquerel não tendo elaborado a ideia de radioatividade, ele evidenciou o fenômeno e, portanto, o descobriu.

Tal colocação do aluno A01 abriu espaço para que, posteriormente, a professora P01 pudesse trabalhar com os alunos o conceito de descoberta, o qual esteve pautado nas ideias de Kuhn (1997) e Alfonso-Goldfarb (1994) e Martins (1990). Para tais autores, a descoberta consiste em um amplo processo de elaboração conceitual. Nesse sentido, embora o papel de Becquerel seja relevante, a conceituação e, portanto, a descoberta de radioatividade é marcada por Marie; a partir dela, os demais vão aprimorando o conceito, mas isso não se deu de Becquerel para Marie, mas de Marie para os que deram prosseguimento às pesquisas.

Após as discussões terem sido desenvolvidas internamente entre os grupos de alunos, a professora sugere que as discussões sejam ampliadas e que cada grupo apresente qual ou quais conclusões elaboraram a respeito do autor da descoberta da radioatividade. Ao longo da discussão envolvendo toda a turma, três pontos de vista distintos foram apresentados pelos alunos, os quais puderam ser organizados em três categorias baseadas na ATD, conforme informamos no início desta sessão: o primeiro corresponde à afirmação de que o autor da descoberta é o pioneiro na visualização do fenômeno, sem necessariamente gerar novos conceitos. O segundo considera o autor da descoberta aquele que foi capaz de partir para uma nova elaboração conceitual. O terceiro ponto de vista assume que descoberta é uma construção conjunta, logo esse título não pode ser dado a um único cientista.

Em meio à exposição de tais ideias, a professora coloca uma questão fundamental: *“(...) Bom, gente nós estamos falando sobre descoberta, e o que vocês consideram que seja uma descoberta?”*

Vejamos o Quadro 7 que segue.

Quadro 7 - Trecho 04 do episódio 03. Encontro 03.

Turno	Transcrição do Episódio 03 - Leitura e discussão do texto sobre a descoberta da Radioatividade.	Aspectos Contextuais
66	P01: Gente, todo mundo já conseguiu chegar a uma conclusão sobre quem descobriu, ou ainda tem discordâncias em relação às ideias? Então, eu quero entender o que vocês estão pensando sobre o texto, sobre o que vocês leram e discutiram. Sobre o que vocês pensavam e o que passaram a pensar depois. Eu quero que vocês exponham isso. Eu quero ouvir as opiniões de todos os grupos. Vamos lá, gente.	

67	A01: A gente conversou e chegamos a um consenso que quem descobriu a radioatividade foi Antoine Henri.	
68	P01: Henri Becquerel? Foi ele quem descobriu a radioatividade?	
69	A01: Foi Becquerel!	
70	P01: Por que vocês chegaram a essa conclusão?	
71	A01: A gente conversou com a (P02) e ela colocou alguns pontos para a gente, disse que ele foi o primeiro a se deparar com essa substância, que de primeiro ele disse que era fosforescente e que ele deu a explicação, mas estava incorreta. E aí, ela pôs esse ponto ai para a gente discutir e ver se podíamos dizer se realmente ele tinha descoberto a radioatividade. Porque se for ver a explicação da Marie Curie, foi totalmente diferente da que ele deu mas, mesmo com a explicação incorreta dele, a gente acha que ele foi de extrema importância porque ele espalhou para a comunidade científica a propriedade dessa substância.	O aluno refere-se a Becquerel quando cita o cientista que primeiro presenciou o fenômeno, todavia o explicou incorretamente.
72	P01: E qual foi a propriedade que você acredita que Becquerel divulgou para a comunidade?	
73	A01: Bom, o que ele disse foi que era uma substância fosforescente, que era capaz de causar manchas nas placas fotográficas. Era uma substância fosforescente, porque antes achava que era fluorescente, porém quando ele foi apresentar teve o ocorrido aqui no texto, que quando foi apresentar não tinha sol no dia e aí ele guardou, mas quando ele foi ver no outro dia e abriu a gaveta, viu que estava mais manchado do que normalmente, de que quando era exposto ao sol. Então, não se tratava de uma substância fluorescente, mas sim fosforescente. Mas, então foi o que eu disse, mesmo a explicação dele estando errada, a gente acha que ele foi o precursor dessa descoberta porque foi ele que espalhou para a comunidade científica esse conhecimento. Então, foi ele que permitiu que a Marie Curie desse a explicação, que mais tarde ia ser a explicação plausível, a correta.	
74	P01: Bom, muito obrigada ao grupo por ter falado. Eu não vou dizer quem está certo ou errado, porque todos tinham uma ideia sobre o fenômeno e é assim que se faz ciência. Os cientistas também têm ideias diferentes sobre o mesmo fenômeno, por isso não estou aqui pra dizer quem está certo ou errado. (...) Então vocês defendem que foi Becquerel, porque foi ele quem se deparou a priori com esse fenômeno que hoje a gente conhece como radioatividade. Bom, gente ... Nós estamos falando sobre descoberta, e o que vocês consideram que seja uma descoberta? Por que assim, a nossa dúvida é essa, quem descobriu a radioatividade? Mas o que a gente pode considerar como uma descoberta? Porque, pra que eu diga que fulano descobriu isso eu preciso saber o que é descoberta. Quem gostaria de dizer o que é descoberta?	
75	A11: Tem uma frase assim: na natureza nada se cria tudo se transforma. E nós temos como exemplo ele, Becquerel não descobriu ele só viu que aquilo existia.	
76	P01: Na verdade, você acha que não há descoberta, o que existe é notar que o fenômeno está lá. Que nada é descoberto, que tudo já existe, basta ter um olhar diferente sobre o fenômeno, perceber que ele está ali. Alguém mais quer falar? Gente vocês ((referindo-se a um grupo)) quem vocês acreditam que descobriu a radioatividade?	
77	A11: Então aqui nós temos dois pontos de vistas. Tem um que...	
78	P01: Me apresente os dois.	
79	A11: Então, eu vou apresentar um e as meninas o outro. É... nós três acreditamos que foi Becquerel pelo fato de ele ter visto, mas assim ele não disse que era a radioatividade, mas foi ele quem viu o fenômeno, foi ele quem presenciou a primeira vez. Então por esse motivo e por outros fatores também nós acreditamos que foi Becquerel.	
80	A12: Segundo o experimento de Roentgen...	
81	P01: Roentgen foi quem descobriu os raios X, mas Becquerel foi o primeiro a	

	presenciar o fenômeno da radioatividade.	
82	A11: Tá vendo!	
83	P01: Se vocês não tiverem entendido os experimentos ou o texto eu posso explicar novamente. Mas qual foi o outro ponto de vista?	
84	A12: É porque eles tinham uma opinião que é Becquerel e eu tenho uma opinião contrária. Que é Marie.	A aluna se referia aos integrantes do próprio grupo.
85	P01: Por que Marie?	
86	A12: Porque tipo, Becquerel, como ela mesmo falou, ele não chegou a um conceito meio que correto porque ele achava que eram os raios de Becquerel, já Marie não, ela teve um estudo mais aprofundado e foi ela quem descobriu a radioatividade, deu continuidade aos experimentos de Becquerel. Porque ela só fez confirmar o que já existia.	
87	P01: Então vocês acham na verdade que Marie... Ela foi seguindo a mesma linha que Becquerel? Foi isso? Ela foi pela mesma ideia de Becquerel? Ela viu os experimentos que ele fez, depois fez mais alguns experimentos, foi assim?	
88	A01: Não, não.	
89	P01: Marie foi por um outro caminho, ela percebeu que o que Becquerel tinha feito, estudou sobre os experimentos que ele realizou. Mas ela seguiu uma outra perspectiva, um outro caminho. E vocês? Acreditam que foi Becquerel ou Marie?	
90	A14: Marie, porque é como ela falou, foi ela que conceitualizou uma coisa que, ela poderia não saber algumas antes, mas ela soube explicar melhor, criar conceitos, uma teoria mais evoluída pra explicar.	
91	P01: Mas você acha que essa teoria de Marie veio dando continuidade ao experimento de Becquerel ou ela foi por um outro caminho? O que vocês acham?	
92	A05: Não!	
93	P01: E você meninas ((Referente a um outro grupo de estudantes)) quem vocês acham que fez essa descoberta? Foi Marie, foi Becquerel, foi outro pesquisador?	
94	A03: Eu acho que foi o... Eu acho que foram meio dois, eu acho que não tem um. Porque Becquerel, ele viu primeiro, mas ele não conseguiu provar que aquilo era radioatividade, como era que as alguém iria dizer que ele descobriu alguma coisa? Poderiam dizer que eram só os raios de Becquerel, que não teria utilidade nenhuma.	
95	P01: Na verdade não teve a figura que descobriu, mas a descoberta feita em conjunto, não é isso?	
96	A03: É, porque não descobriu de uma vez só, ela conseguiu mapear aquilo, claro que ela seguiu o trabalho anterior porque ninguém tinha falado nisso ainda. Ele fez o experimento, ele viu mas não soube mapear aquilo. Eu acho que é importante ele ter descoberto, mas é importante também ela ter mapeado porque se ela não tivesse mapeado como era que a radioatividade poderia ser estudada hoje? Por mais que você descubra uma coisa, se você não consegue provar essa coisa, fazer os experimentos certinhos, dizer o que é aquilo. É mais uma coisa tipo, as outras pessoas precisam entender pra usar aquilo, do que você ter que ficar procurando o significado, porque se você não provar aquilo, não justificar, não vai ter utilidade nenhuma.	

A partir da indagação da professora P01 sobre qual a conclusão a que cada grupo havia chegado, os alunos logo começaram a pronunciar-se apresentando suas ideias. O aluno A08 afirmou que foi *“Marie porque ela explicou o que é radioatividade.”* Tal afirmativa apresentou uma perspectiva diferente daquela evidenciada pelo aluno A01, que afirmou:

“A01: (...) Porque se for ver a explicação da Marie Curie, foi totalmente diferente da que ele deu, mas mesmo com a explicação incorreta dele, a gente acha que ele foi de extrema importância porque ele espalhou para a comunidade científica a propriedade dessa substância.”

As discussões prosseguem e a aluna A11, no turno 75, apresenta uma concepção de descoberta em resposta à solicitação da professora, afirmando que *“Tem uma frase assim: na natureza nada se cria, tudo se transforma. E nós temos como exemplo ele, Becquerel não descobriu, ele só viu que aquilo existia.”* Tal fala pode indicar que a aluna A11 percebe que não se trata de descoberta quando há “apenas” a percepção dos fenômenos, os quais já “existem na natureza”, mas quando há elaboração do novo conceito, no nosso caso, o conceito de radioatividade. Todavia, posteriormente A11 modifica, ou explicita melhor sua opinião, afirmando, no turno 79, que considera Becquerel o autor da descoberta da radioatividade, concordando com a ideia apresentada pelo aluno A01, componente de seu grupo. Nesse sentido, a ideia de descoberta pode ser compreendida na perspectiva empirista de que, como os fenômenos já existem, delimitá-los e verificá-los é sinônimo de descobri-los.

A aluna A12 segue a discussão discordando das ideias apresentadas pelos colegas e afirma que considera Marie Curie a autora da descoberta da radioatividade como observado no turno 84, *“É porque eles tinham uma opinião que é Becquerel e eu tenho uma opinião contrária. Que é Marie.”* A professora solicita que a aluna A12 explique sua escolha e a aluna segue afirmando, no turno 86:

“A12: Porque tipo Becquerel, como ela mesmo falou, ele não chegou a um conceito meio que correto, porque ele achava que era os raios de Becquerel, já Marie não, ela teve um estudo mais aprofundado e foi ela quem descobriu a radioatividade, deu continuidade aos experimentos de Becquerel. (...)”

O aluno A14 no turno 90 complementa a fala de A12:

“A14: Marie, porque é como ela falou, foi ela que conceitualizou uma coisa que ela poderia não saber algumas antes, mas ela soube explicar melhor, criar conceitos, uma teoria mais evoluída pra explicar.”

Os alunos A12 e A14 apresentam nas suas falas uma compreensão de descoberta oposta ao apresentado pelos alunos A01 e A11, pois acreditam que descobrir está relacionado a compreender, explicar e criar conceitos relacionados ao fenômeno de modo que, estar diante do fenômeno pela primeira vez, isolá-lo, não é o suficiente para indicar que tal acontecimento seja caracterizado como descoberta. A ideia de descoberta como uma elaboração conceitual defendida por tais alunos se aproxima daquela requerida na SEA. Todavia, os argumentos daqueles que defendem essa ideia expressam que ainda há pouca clareza de que o trabalho de elaboração conceitual representado no texto por Marie está apenas em seu início. Desse modo, a concepção de que Marie criou conceitos, “uma teoria mais evoluída para explicar” é algo que requer mais discussão a fim de que se possa compreender o longo caminho que se tem, a partir daí, rumo à compreensão do fenômeno da radioatividade e de que, nesse caminho, outros cientistas emergem como relevantes.

A concepção de que a descoberta envolve uma associação entre fato e assimilação conceitual está na base da proposta da aula. Nesse sentido, o intuito neste encontro não foi eleger qual das alternativas apresentadas pelos alunos era considerada correta, de tal modo que eles não receberam esse retorno avaliativo das professoras. Ao contrário, na discussão final, a professora P01 busca direcionar a discussão para o conceito de descoberta, embora esse foco não tenha sido mantido.

Assim, ao longo da aula, buscou-se promover uma reflexão que fosse capaz de orientar os alunos em direção à superação de ideias estereotipadas sobre a Natureza da Ciência. As transcrições das discussões evidenciam a superação da ideia de cientista como um gênio isolado, cujo objetivo é atingir as verdades científicas e de que há um caminho científico único, linear. Notamos que as afirmações dos alunos, independentemente da ideia defendida por eles em relação à descoberta da radioatividade, mostram um avanço rumo a superação desses estereótipos. Todavia, conforme discutimos, entendemos que há um compromisso mais explícito com uma percepção empirista de ciência nos argumentos de alguns alunos. Isso é esperado, como também o é o fato de que romper com determinadas concepções relacionadas à NdC que vem sendo disseminadas implicitamente nos livros didáticos é algo que demanda tempo, ao longo de sequências de ensino e aprendizagem que foquem essa dimensão da aprendizagem de ciências.

A percepção dos alunos acerca da complexidade da indicação um cientista responsável pela descoberta já fomenta o início de um processo de evolução com relação a aspectos fundamentais relacionados a NdC. Atualmente, essa complexidade se torna ainda maior que nos séculos passados. À medida que a ciência avança em termos de conteúdo conceitual e metodológico, bem como na teia de relações entre diferentes grupos de cientistas, envolvendo um maior número de eventos e publicações, torna-se arriscado ou mesmo inviável indicar um cientista responsável pela descoberta de algo. Essa percepção foi amadurecida pelos alunos e pôde se expressar nas aulas finais da nossa SEA. Entretanto, ainda nessa aula 05, podemos observar alunos que consideram que não houve um descobridor específico, enfatizando em seus argumentos o processo de construção conjunta, ainda que essa ideia de um coletivo na construção de teorias necessite ser amadurecida. O próprio aluno A01, que considera tal mérito pertencente a Becquerel, expressou inicialmente a sua dúvida entre os dois cientistas, sendo que a opção por Becquerel se deu em função do compromisso assumido em optar por um deles, como pode ser percebido respectivamente nos turnos 8 e 14 do Quadro 4: *“Eu fiquei entre os dois; eu acho, porque se não fosse ela ((Marie)) não teria descoberto sobre a radioatividade, mas se não fosse ele ((Becquerel)) também ela não tinha descoberto, porque foi ele que tipo, deu o pontapé inicial”.* *“Mas, eu acho que assim, se fosse por exemplo para tirar um dos dois, seria ela”.*

Portanto, é perceptível que, apesar de haver a opção por um ou outro cientista como descobridor da radioatividade, a ideia de que se trata de uma produção que transcende o trabalho de um cientista isolado já havia se estabelecido. O cuidado relacionado a essa ideia reside na possível concepção de linearidade que pode a ela se associar, conforme considerado nas intervenções das professoras junto aos grupos de alunos ou junto à toda turma.

Nessa perspectiva, uma terceira opinião apresentada pelos alunos nessa discussão se dirige à percepção de descoberta como uma construção conjunta, como podemos observar na fala da A03 no turno 94.

“A03: Eu acho que foi o... Eu acho que foram meio dois, eu acho que não tem um. Porque Becquerel, ele viu primeiro, mas ele não conseguiu provar que aquilo era radioatividade, como era que as alguém iria dizer que ele descobriu alguma coisa? Poderiam dizer que eram só os raios de Becquerel, que não teria utilidade nenhuma.”

As discussões apresentadas expressam que as interações desencadeadas durante o desenvolvimento da aula contribuíram fortemente para que os alunos avançassem na concepção de ciência coletiva, envolvendo uma comunidade de prática na qual as ideias não vão simplesmente complementando umas às outras, ou seja, não há a linearidade que explícita ou implicitamente é destacada nos livros didáticos. As categorias identificadas nesse processo indicam avanço por esse motivo, pois evidenciam a percepção dos alunos acerca da presença da coletividade no fazer científico e que o movimento de “descoberta” transcende um momento e local específicos, bem como um único autor. Todavia, conforme discutimos, vale ressaltar que, na categoria em que os alunos consideram que o descobridor é aquele que “primeiro” evidenciou o fenômeno, notamos que há um compromisso mais forte com uma concepção linear de ciência. A delimitação empírica do fenômeno faz parte do processo de descoberta, mas não o caracteriza como um todo, pois faz-se necessário também um processo de elaboração conceitual em torno do que é evidenciado.

Ressaltamos ainda que, este encontro possibilitou que os alunos apresentassem suas ideias sem a preocupação em alcançar uma resposta padronizada como correta. Sendo assim, investiram ativamente nas discussões nos pequenos grupos e com toda a turma. Atividades como esta, que possibilitam a participação do aluno, abrindo espaço para que seja o autor principal na construção do seu próprio conhecimento, são muito importantes, pois proporcionam uma atmosfera colaborativa em sala de aula. Gerar ambientes de discussões torna os processos de ensino e aprendizagem mais dinâmicos e favorece o engajamento dos alunos, ao mesmo tempo que promove o desenvolvimento de habilidades como reflexão e julgamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, foi apresentada uma análise das discussões realizadas por alunos do Nível Médio e professoras, sobre o episódio da descoberta da radioatividade, em que se considerava a quem atribuir os méritos de tal feito. As discussões foram desenvolvidas ao longo de um dos encontros de uma sequência de ensino e aprendizagem (SEA), planejada de acordo com os pressupostos da Abordagem Contextual. A

análise evidencia que o episódio tem o potencial de proporcionar discussões frutíferas acerca da concepção de descoberta, de modo a evidenciar os estereótipos presentes nas ideias dos alunos e possibilitar o avanço destas em direção a concepções mais elaboradas relativas a aspectos relevantes acerca da Natureza da Ciência.

A utilização de uma abordagem histórica na elaboração da SEA, bem como as intervenções das professoras foram fundamentais para incentivar a participação ativa dos alunos e promover uma evolução conceitual. Todavia, a análise nos faz perceber que tal tarefa não é algo simples e que é necessário muito investimento no processo de negociação de significados, ao longo das interações, a fim de proporcionar o desenvolvimento das ideias dos alunos rumo a concepções mais elaboradas. Certamente, tal avanço deve ser almejado no decorrer de várias aulas, durante o processo de escolarização.

Vale ressaltar que, apesar de os alunos terem sido solicitados a indicar quem seria o responsável pela descoberta da radioatividade, o propósito da aula não foi que chegassem a uma resposta objetiva à essa questão, posto que, tanto o material didático que deu suporte à discussão, quanto as intervenções das professoras envolvidas, buscavam problematizar a ideia de que é possível indicar, em um tempo e local específico, um autor responsável por tal feito. Nesse sentido, em vários momentos do encontro didático, intervenções de natureza lógica foram colocadas pelas professoras no caminho das ideias dos alunos de modo que estes refletissem sobre aspectos relativos à Natureza da Ciência que se relacionam à própria ideia de descoberta e que podem se constituir em obstáculos à uma percepção adequada do termo. Considerando que a descoberta corresponde a um amplo processo de elaboração conceitual, envolvendo a associação entre fato e assimilação de teoria, observação e conceitualização, esta demanda tempo. Isso expressa a dimensão discursiva e argumentativa de uma comunidade científica, que se expande no tempo e no espaço.

A ideia de descoberta envolve vários aspectos relacionados à Natureza da Ciência, de modo que estes são naturalmente mobilizados durante as discussões sobre tal tema. Nesse sentido, foi possível perceber o quanto uma concepção empirista de ciência favorecia a concepção de descoberta como sinônimo de evidenciar o fenômeno, os resultados experimentais discrepantes. Por outro lado, a concepção de descoberta como um processo de elaboração conceitual coletiva pode ser vista também associada ao estereótipo de uma ciência linear, em que os cientistas sempre dão continuidade ao trabalho de seus pares seguindo uma mesma linha de raciocínio, rumo a ideias mais elaboradas. As discussões apresentadas neste artigo mostram as intervenções das professoras no intuito de promover um movimento em direção à superação de tais concepções.

Promover o avanço nas concepções sobre NdC dos alunos não é algo simples. Fica evidente na análise apresentada, que as concepções de ciência empírica e linear permearam as concepções de descoberta de vários deles. Apesar de as professoras investirem na problematização desses aspectos, certamente eles não foram rompidos nessa aula; todavia tal processo foi bem iniciado, tendo prosseguido nas aulas posteriores da SEA.

Nessa perspectiva, o artigo contribui para a reflexão de aspectos relativos às concepções dos alunos que podem ser percebidas como estereótipos frente a uma percepção adequada acerca da Natureza da Ciência, bem como as contribuições que o desenvolvimento de sequências de ensino e aprendizagem elaboradas de acordo com os pressupostos da Abordagem Contextual podem dar no sentido de possibilitar um avanço rumo a concepções mais elaboradas. Elaborar sequências de ensino e aprendizagem na linha da Abordagem Contextual, bem como analisar os movimentos interativos e discursivos que se desenvolvem em momentos fundamentais dessas SEA são, ao nosso ver, uma contribuição fundamental para promover mudanças nas práticas pedagógicas.

REFERÊNCIAS

- Aikenhead, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4). 453-475. <https://doi.org/10.1002/sce.3730690403>
- Aikenhead, G. S. (1990). Science-technology-society. Science education development: from curriculum policy to student learning. In Atas da *Conferência Nacional sobre o Ensino de Ciências Para o Século XXI: ACT – Alfabetização em ciência e tecnologia*. Brasília, DF. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000139&pid=S1413-2478200700030000700001&lng=pt
- Alfonso-Goldfarb, A. M. (1994). *O que é História da Ciência*. São Paulo, SP: Editora Brasiliense.

- Alfonso-Goldfarb, A. M. (2001). *Da Alquimia à Química*. (2a ed.). São Paulo, SP: Landy.
- Andery, M. A., Micheletto, N., Sério, T. N. P., Rubano, D. R., Moroz, M., Pereira, M. E., Gioia, S. C., Gianfaldoni, M., Savioli, M. R., & Zanoto, M. L. (1996). *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*. (6a ed.). São Paulo, SP: Educ/Espaço e Tempo.
- Barp, E. (2013). Contribuições da História da Ciência para o Ensino da Química: uma proposta para trabalhar o tópico radioatividade. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, 8, 50-67. Recuperado de <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/17413/12955>.
- Batista, C. A. S., & Siqueira, M. (2017). A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(3), 880-902. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n3p880>
- Cestari, D. H., Jr. (2015). *O conceito de descoberta científica: Os raios de Roentgen como estudo de caso*. (Dissertação de mestrado). Mestrado em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de: <https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/13317/1/Decio%20Hermes%20Cestari%20Junior.pdf>
- Cestari Jr., D. H., & Beltran, M, H. R. (2016). Conceito de descoberta científica: os livros de divulgação científica e o senso comum. In *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química - XVIII ENEQ*. (pp. 1-8). Florianópolis, SC. Recuperado de <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R1267-2.pdf>
- Chassot, A. (1995). Raios X e radioatividade. *Química Nova na Escola*, (2), 19-22.
- Cobern, W. W., & Loving, C. C. (2001). Defining “Science” in a multicultural world: implications for Science Education. *Science Education*, 85, 50-67. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200101\)85:1<50::AID-SCE5>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200101)85:1<50::AID-SCE5>3.0.CO;2-G)
- Cordeiro, M. D., & Peduzzi, L. O. Q. (2011). Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(3), 1-36. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v33n3/19.pdf>
- Eichler, M., Del Pino, J.C., & Junges, F. (2006). Cidade do átomo: debate escolar sobre energia nuclear. *Física na Escola*, 7(1), 17-22.
- Eichler, M., Junges, F., & Del Pino, J.C. (2005). O papel do jogo no ensino de radioatividade: os softwares Urânio-235 e a Cidade do Átomo. *Novas Tecnologias na Educação*, 3(1), 1-13. Recuperado de <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/13800/7997>
- Gatti, S. R. T., & Nardi, R. (2016). *A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências: a pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula*. São Paulo: Escrituras.
- Hygino, C. B., Souza, N. S., & Linhares, M. P. (2013). Episódios da história da ciência em aulas de física com alunos jovens e adultos: uma proposta didática articulada ao método de estudo de caso. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 12(1), 1-23. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_1_1_ex607.pdf
- Hodson, D. (1994). Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratório. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Kelly, G. J., & Duschl, R. A. (2002). Toward a research agenda for epistemological studies in science education. In *Proceeding of Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching-NARST*. New Orleans, LA, United States of America.
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: recommendations for research and implementation* (pp. 99–117). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Kuhn, T. S. (1997). *A estrutura das revoluções científicas*. (5a ed.). São Paulo, SP: Perspectiva.

- Latour, B. (1987). *Science in action: how to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: language, learning and values*. Norwood, United States of America: Ablex.
- Lynch, M. E., & Woolgar, S. (Orgs.). (1990). *Representation in scientific practice*. Cambridge, United States of America/London, England: MIT Press.
- Machado, D. I., & Nardi, R. (2007). Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 91-116. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART6_Vol6_N1.pdf
- Marques, D. M., & Pires, K. L. (2017). Da radioatividade ao modelo atômico nuclear: uma proposta didático-metodológica. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, 16, 1-1. <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2017v16i1a10>
- Martins, R. A. (1990). Como Becquerel não descobriu a radioatividade. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 7(n. esp.), 27-45. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10061/14903>
- Martins, R. A. (2003). As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 1(1), 29-41. Recuperado de <http://www.ghhc.usp.br/server/pdf/curie-a1.pdf>
- Matthews, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>
- Matthews, M. R. (2002). O tempo e o ensino de ciência: como o ensino de História e Filosofia do movimento pendular pode contribuir para a alfabetização científica. In W. J. Silva Filho (Org.), *Epistemologia e Ensino de Ciências* (pp. 31-48). Salvador, BA: Arcádia.
- Miller, J. D. (1983). Scientific Literacy: A Conceptual & Empirical Review. *Daedalus*, 112(2), 29-48.
- Moraes, R., & Galiazzi, M. C. (2006). Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, 12(1), 117-128. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132006000100009>
- Moraes, R. (2003). Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação (Bauru)*, 9(2), 191-211. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132003000200004>
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 283-306. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/562>
- Mortimer, E. F., Massicame, T., Tiberghien, A., & Buty, C. (2007). Uma metodologia para caracterizar os gêneros de discurso como tipos de estratégias enunciativas nas aulas de ciências. In R. Nardi, (Org.), *A pesquisa em ensino de ciência no Brasil: alguns recortes* (pp. 53-94). São Paulo, SP: Escrituras.
- Mortimer, E. F. (1995). Concepções Atomistas dos Estudantes. *Química Nova na Escola*, (1), 23-26. Recuperado de <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/aluno.pdf>
- Niaz, M. (2001). Understanding Nature of Science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85(6), 684 – 690. <https://doi.org/10.1002/sce.1032>
- Oki, M. C. M., & Moradillo, E. F. (2008). O Ensino de História da Química: contribuindo para a compreensão da Natureza da Ciência. *Ciência e Educação (Bauru)*, 14(1), 67-88. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132008000100005>
- Ortiz, E., & Silva, M. R. (2016). O Uso de abordagens da História da Ciência no Ensino de Biologia: uma proposta para trabalhar a participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla

hélice do DNA. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(1), 106-123. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n1p106>

Pelicho, A. F. (2009). Irradiando conhecimento: uma abordagem da radioatividade para o Ensino Médio. In *Anais do 1º Congresso Paranaense de Educação em Química - 1º CPEQUI* (pp 01-09). Londrina, PR. Recuperado de www.uel.br/eventos/cpequi/CompletoSPagina/18154845420090611.pdf

Pinto, G. T., & Marques, D. M. (2010). Uma proposta didática na utilização da História da Ciência para a primeira série do Ensino Médio: a radioatividade e o cotidiano. *História da Ciência e Ensino*, 1, 27-57. Recuperado de <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/3024>

Reis, A. S., Silva, N. D. B., & Buza, R. G. C. (2012). O uso da ciência como estratégia metodológica para aprendizagem do Ensino de Química e Biologia na visão dos professores do Ensino Médio. *História da Ciência e Ensino*, 5, 01-12. Recuperado de <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/9193>

Reis, N. A. (2017). *Abordagem Contextual no âmbito do processo formativo do PIBID*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE. Recuperado de <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/5123>

Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as inquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein (Eds.). *The teaching of science* (pp 3-103). Cambridge, United States of America: Harvard University Press.

Shapin, S., & Schaffer, S. (1985). *Leviathan and the air-pump: Hobbes, Boyle, and the experimental life*. Princeton, United States of America: Princeton University Press.

Silva, A. C. T. (2008). *Estratégias enunciativas em salas de aula de química: contrastando professores de estilos diferentes*. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Recuperado de <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FAEC-84KND6>

Silva, A. C. T., & Mortimer, E. F. (2010). Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(1), 121-153. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/318/205>

Sousa, R. S., & Galiazzi, M. C. (2016). Compreensão acerca da Hermenêutica na Análise Textual Discursiva: marcas teórico-metodológicas à investigação. *Revista Contexto & Educação*, 31(100), 33-55. Recuperado de <https://www3.ufpe.br/moinhojuridico/images/pesquisa/09%20atd%20e%20ad.pdf>

Souza, V. C. A., & Justi, R. (2012). Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 11(2), 385-405. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_2_7_ex565.pdf

Teixeira, E. S., Freire Jr., O., & Greca, I. (2015). La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la Historia y la Filosofía de la Ciencia: una propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 205-223. Recuperado de <https://www.raco.cat/inex.php/Ensenanza/article/view/288579>

Vasconcelos, F. C. G. C., & Leão, M. B. C. (2012). Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia flexquest sobre radioatividade. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(1), 37-58. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/206/140>

Vital, A., & Guerra, A. (2016). Textos para ensinar física: princípios historiográficos observados na inserção da História da Ciência no ensino. *Ciência & Educação*, 22(2), 351-370. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v22n2/1516-7313-ciedu-22-02-0351.pdf>

Recebido em: 14.06.2018

Aceito em: 11.04.2019