

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

LEANDRO YUDI SACA

Discurso e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação

São Paulo
2017

LEANDRO YUDI SACA

Discurso e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação

Versão Original

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Educação.

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Helena Sasseron.

São Paulo
2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

-
- 375.2 Saca, Leandro Yudi
S119c Discurso e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação / Leandro Yudi Saca; orientação Lúcia Helena Sasseron. São Paulo: s. n., 2017.
158 p.; apêndices
- Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
1. Ensino por Investigação 2. Alfabetização Científica 3. Práticas Epistêmicas 4. Interações Discursivas 5. Ensino de Ciências I. Sasseron, Lúcia Helena, orient.
-

Nome: SACCA, Leandro Yudi

Título: Discurso e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Mestre em Educação.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos, por todo o amor, carinho e cuidado que sempre tiveram com minha formação.

À minha esposa Andréa que, com muito amor e dedicação, ajudou em todos os momentos dessa conquista.

À minha orientadora Lúcia Helena Sasseron, por me acompanhar e ajudar com tanta paciência, atenção e carinho.

A todos os meus amigos do LaPEF, pelo companheirismo, pelas ótimas conversas e pelo apoio na pesquisa.

Ao professor Elcio Lopes, que sempre nos recebeu de braços abertos.

A todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível.

RESUMO

SACA, L. Y. **Discurso e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

O reconhecimento da importância da natureza social da ciência trouxe novas perspectivas também para a pesquisa em ensino de ciências. Nesse processo, ganharam evidência os estudos que analisam as práticas sociais pelas quais os conhecimentos são produzidos e legitimados em sala de aula. Dentro desse contexto de pesquisa, o presente trabalho tem por objetivo compreender de que formas a participação do professor no discurso contribui para a obtenção de seus objetivos em aulas investigativas. Para tanto, desenhou-se uma pesquisa exploratória, com abordagem qualitativa, do tipo estudo de caso, pela qual foi analisada a implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) que versava sobre a dualidade onda-partícula do elétron. O estudo se desenvolveu com base na análise de aulas gravadas em vídeo. Tal análise levou em consideração os propósitos e pressupostos teóricos identificados em entrevistas efetuadas com o professor, antes e após as aulas, e a análise documental do material instrucional da SEI. A partir do cruzamento destes pressupostos com nossos referenciais teóricos, desenvolvemos e propusemos uma ferramenta para análise composta por três dimensões. Tais dimensões, dos Conteúdos, Didática e Epistêmica, foram elaboradas de forma a explicitar o papel estrutural de elementos do discurso do professor. A partir da análise das aulas podemos concluir que, no decorrer de uma aula investigativa, a forma de participação do professor varia em função do papel que determinado conteúdo exerce na estrutura da atividade. Em situações em que os conteúdos assumiam função de contexto ou subsídio, prevalece o professor como agente didático e, em situações em que visava trabalhar conteúdos relacionados a práticas investigativas, há um predomínio do professor como agente epistêmico.

Palavras-chave: Ensino por Investigação. Alfabetização Científica. Práticas Epistêmicas. Interações Discursivas. Ensino de Ciências. Ensino de Física.

ABSTRACT

SACA, L. Y. **Discurso e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

The recognition of the importance of the social nature of science has also brought new perspectives to research in science education. In this process, studies that analyze the social practices by which knowledge is produced and legitimized in the classroom have gained evidence. Within this context of research, the present work aims to understand in what ways the teacher participation in the discourse contributes to the achievement of his objectives in inquiry classes. For that, an exploratory research, of a qualitative nature, of the case study type was designed, through which the implementation of an Inquiry Teaching Sequence (SEI) was analyzed, which dealt with the wave-particle duality of the electron. The study was developed based on the analysis of lessons taped in video. This analysis took into account the theoretical purposes and assumptions identified in interviews conducted with the teacher, before and after classes, and the document analysis of the instructional material of the SEI. From the cross-analysis of these assumptions with our theoretical references, we developed and proposed an analytical system composed of three dimensions. These dimensions *content*, *didactic* and *epistemic*, were elaborated in order to identify the role of the teacher's objectives in relation to the structure of the research proposal with a participation of the same non-epistemic discourse. From the analysis of the classes, we conclude that in the course of an investigative class, the ways the teacher participates varies according to the role that certain content plays in the structure of the activity. In situations where content assumed a context or subsidy function, the teacher prevails as a didactic agent and, in situations where it was intended to work on content related to practices; there is a predominance of the teacher as an epistemic agent.

Keywords: Inquiry Teaching. Scientific Literacy. Epistemic Practices. Discursive Interactions. Science Teaching. Physics Teaching.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
1.1 Ensino de Ciências por Investigação	13
1.2 Alfabetização Científica	18
1.2.1 Verbetes de nossa língua	18
1.2.2 Alfabetização Científica e sinônimos	19
1.2.3 Alfabetização Científica: sua origem e diversificação	20
1.2.4 Alfabetização Científica e sua classificação.....	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	28
2.1 Bases para Análise por uma Perspectiva Social da Ciência	28
2.2 Mudanças na Compreensão sobre a Ciência.....	29
2.3 O Aspecto Social na Produção do Conhecimento Científico	31
2.4 Estudos de Bases Epistemológicas para a Análise da Sala de Aula	35
2.5 Comunidades Epistêmicas e a Sala de Aula	42
2.6 Discurso de Sala de Aula, Discurso Epistêmico e Agência Epistêmica.....	44
2.7 Delimitação Conceitual e Terminológica	47
3 METODOLOGIA.....	53
3.1 Caracterização da Pesquisa e Procedimentos de Registro	53
3.2 Caracterização da Escola e seus Componentes.....	56
3.3 Caracterização do Material Instrucional da SEI	59
3.4 Recorte Temporal da Amostra	61
3.5 Estratégia de Análise	63
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO	65
4.1 Primeira Etapa de Análise - dos alicerces teóricos e propósitos da SEI ao delineamento da ferramenta analítica	65
4.1.1 Constituindo a primeira dimensão analítica: Dimensão dos Conteúdos	65

4.1.2	Constituindo a segunda dimensão analítica: Dimensão Didática.....	68
4.1.3	Constituindo a terceira dimensão analítica: Dimensão Epistêmica.....	70
4.2	Segunda Etapa de Análise - identificação e interpretação dos objetivos específicos do professor	73
4.2.1	Os objetivos estabelecidos para o docente no material instrucional	73
4.2.2	Os objetivos estabelecidos para o docente na entrevista	79
4.3	Terceira Etapa de Análise - análise longitudinal da aula, reconhecendo objetivos e categorias de análise	81
4.3.1	Análise do Ato I: abertura	82
4.3.2	Análise do Ato II: vídeo de Tonomura.....	85
4.3.3	Análise do Ato III: vídeo de Dr. Quantum	90
4.3.4	Análise do Ato IV: entrevista com A. Tonomura.....	92
4.3.5	Análise do Ato V: proposição da atividade	94
4.3.6	Análise do Ato VI: discussões nos grupos	96
4.3.7	Análise do Ato VII: encerramento do encontro.....	106
4.4	Quarta Etapa de Análise - dos objetivos da SEI à caracterização das práticas do professor	107
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
	REFERÊNCIAS	119
	APÊNDICE A - TRANSCRIÇÃO DO OITAVO ENCONTRO	128
	APÊNDICE B - TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA PRÉVIA	143
	APÊNDICE C - TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA PÓS-AULA.....	148
	APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	154
	ANEXO A - ENTREVISTA COM A. TONOMURA	155

INTRODUÇÃO

O presente estudo origina-se no contexto dos trabalhos realizados pelos pesquisadores do Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP - LaPEF-FEUSP. Assim como este estudo, o grupo de pesquisa investiga temas como o Ensino por Investigação e Alfabetização Científica, geralmente em situações de aprendizagem no ensino de Física e de Ciências. Acreditamos que os referidos temas sejam centrais para a reformulação do ensino de Física no país, uma vez que oferecem uma alternativa ao dito “ensino tradicional”. Este último, apesar de prevalecer na ampla maioria de nossas salas de aula, mostra-se inadequado para as necessidades formativas requeridas em nossa sociedade que, marcada pelo dinamismo, pela presença tecnológica e preocupação ambiental, traz exigências que vão muito além da memorização e resolução de exercícios descontextualizados. É fundamental que o cidadão saiba usar os principais conceitos e processos da ciência na previsão e resolução de problemas de seu cotidiano, bem como, para se embasar, compreender e participar de discursos de base científica.

Defendemos como abordagem didática o Ensino por Investigação, à medida que traz o aluno para um papel central no processo de ensino-aprendizagem. Tal abordagem didática, além de favorecer o domínio de conceitos e teorias pelos alunos, leva-os a participar de práticas e formas de pensar características da ciência, que podem ser úteis tanto para compreensão de nossa sociedade quanto para transformação da mesma. Embora adotemos a Alfabetização Científica como sendo o propósito para o ensino de ciências, sabemos que esta vai além de ser apenas um objetivo escolar, trata-se de um processo pelo qual se aprimora o domínio e a capacidade de uso que um sujeito, individual ou coletivo, pode ter a respeito da ciência, incluindo seus principais conceitos, formas de pensar, seu funcionamento interno e suas inter-relações com a sociedade.

Com base nos fundamentos conceituais apresentados, em meio às pesquisas realizadas por membros desse grupo de pesquisa, foram desenvolvidas e implementadas diversas sequências de ensino que adotavam o Ensino por Investigação como abordagem didática. Como consequência dessa experiência adquirida, sabemos que o sucesso de uma proposta investigativa em sala de aula depende de cuidados na elaboração desse tipo de material e de diversos aspectos relacionados com a implementação em sala. Em relação à implementação, entendemos que a atuação do professor seja determinante para o sucesso do caráter investigativo da proposta. Cabe a este, diante do conhecimento de sua turma, da metodologia, dos conceitos e de sua leitura das situações, conduzir a aula de forma que a proposta assuma

na prática seu caráter investigativo. Dentro do contexto das pesquisas do LaPEF, foram desenvolvidos importantes trabalhos a respeito do papel do professor durante aulas investigativas, como nos trabalhos de Souza (2012), que estudou o papel das perguntas, de Barrelo Jr. (2015), que estudou os tipos de interação professor-aluno e de Ferraz (2015), que estudou os propósitos epistêmicos do professor. Apesar de tais avanços, consideramos que ainda existem lacunas significativas em relação às formas de atuação do professor.

Ao pensarmos no tema de nosso trabalho, que é o papel do professor em aulas de Ensino por Investigação, devemos ter em mente que o próprio conceito de Ensino por Investigação passou por importantes mudanças no decorrer de sua longa história. Nesse período, além da popularidade que o termo assumiu dentro da área de ensino de ciências, aquilo que se entendia por Ensino por Investigação sofreu modificações à medida que mudava também nosso entendimento sobre a educação e sobre a própria ciência. Embora a área de ensino de ciências defenda há décadas que se desenvolva a compreensão dos alunos a respeito do funcionamento da ciência e que se permita que os mesmos participem de práticas semelhantes às dos cientistas, tivemos nesse período profundas modificações no próprio entendimento de como funciona a ciência. De acordo com Duschl e Grandy (2008), a ciência deixou de ser vista apenas como experimentação e passou a ser também entendida como explicação, construção de modelo e revisão. Tal movimento de mudança é atribuído por alguns autores (MORTIMER; SCOTT, 2002; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2014) à compreensão do papel do discurso na construção dos conhecimentos científicos.

Para Stroupe (2014), tal transformação na compreensão da ciência repercutiu também no entendimento a respeito do ensino de ciências. Se, anteriormente, tínhamos o ensino de “ciência como conhecimento”, passamos a ter o entendimento de ensino de “ciência como prática”. Segundo essa nova perspectiva, os alunos, além de aprenderem os conhecimentos historicamente produzidos e acumulados pela ciência, também deveriam participar das dimensões material, social e epistêmica da ciência. A respeito da dimensão epistêmica da ciência, Kelly (2008), também compreendendo “ciência como prática”, apresenta sua definição do que seriam as práticas sociais produtoras de conhecimento, ou práticas epistêmicas: “as formas específicas que membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam proposições de conhecimento dentro de um contexto disciplinar” (KELLY, 2008, p. 99, tradução nossa). Dentro desse contexto, concordamos com Stroupe (2014) e acreditamos também ser necessário oferecer oportunidades aos alunos para que possam participar de práticas pelas quais proposições sejam elaboradas e negociadas

coletivamente a fim de se legitimarem como conhecimento, ou seja, ofertar a possibilidade de se reconhecerem agentes válidos para propor e avaliar conhecimentos.

Até o momento, vimos que mudanças no entendimento da ciência levaram a mudanças no Ensino por Investigação e, dentre estas, passou a ser considerado importante que, além de aprenderem os conteúdos historicamente estabelecidos, os alunos também pudessem participar de práticas produtoras de conhecimento. Mas, voltando a nosso tema de pesquisa que é a participação do professor em aulas investigativas, somos levados a seguinte questão: de que forma o professor pode promover tais práticas? Uma pista é fornecida por Gee (2010) quando este indica que práticas são aprendidas por participação. Para Gee (2010), o discurso seria um dos principais constituintes das práticas e possuiria três formas de atuação: informa, age e constitui identidade. Relacionando o ensino de “ciência como prática” com os elementos apresentados por Gee (2010), poderíamos supor que seria justamente a participação do professor no discurso que desenvolveria as formas de participação dos alunos nas práticas do Ensino por Investigação. Suposição esta que nos permite elaborar a seguinte hipótese: “As formas de participação do professor no discurso se diferenciam de acordo com o tipo de objetivo perseguido” e, conseqüentemente, chegamos a nosso problema de pesquisa: “De que formas a participação do professor no discurso de sala de aula se relaciona com os objetivos elencados para aulas investigativas?” Os objetivos desta pesquisa são delineados, então, e apresentados a seguir no Quadro 1.

Quadro 1

Objetivos do trabalho
Objetivo Geral
“Compreender a relação entre as formas de participação do professor no discurso de sala de aula com os objetivos do Ensino por Investigação perseguidos pelo mesmo”
Objetivos Específicos
a) Estabelecer um corpo teórico e uma ferramenta analítica que favoreça a análise da participação do docente no discurso
b) Identificar e caracterizar os objetivos estabelecidos para o professor
c) Identificar e caracterizar as formas de participação do discurso adotadas pelo professor na busca pelos diferentes objetivos

FONTE: Próprio autor.

Assim, a finalidade principal deste trabalho é compreender a relação entre as formas de participação do professor no discurso de sala de aula com os objetivos do Ensino por Investigação propostos pelo mesmo. Para tanto, pretendemos, em um primeiro momento, identificar e interpretar os objetivos relacionados à abordagem investigativa que serão perseguidos pelo professor e, em um segundo momento, pretendemos relacionar as formas com que o mesmo desenvolve tais objetivos. Adicionalmente, pretendemos desenvolver uma ferramenta analítica que auxilie na compreensão do papel do professor em aulas investigativas.

Quanto à metodologia, desenvolveremos uma pesquisa exploratória, de abordagem qualitativa, que fará uso do estudo de caso para analisar a participação discursiva do professor em aulas investigativas. Para tanto, além do registro em vídeo de aulas de uma implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), faremos entrevistas semi-estruturadas com o professor, antes e após as aulas, que serão registradas em áudio. Todos os registros serão transcritos e tabulados para posterior análise do discurso. Adicionalmente, faremos a análise de conteúdo do material instrucional da SEI.

Este trabalho estrutura-se em cinco capítulos, apresentando-se no primeiro um breve desenvolvimento histórico sobre o conceito de Ensino por Investigação, além de uma breve delimitação de nosso entendimento a seu respeito. Ainda neste capítulo apresentaremos a Alfabetização Científica, envolvendo sua origem, conceitos e a diversidade de sentidos atingida em sua história. No segundo capítulo, iremos inicialmente ilustrar de que forma estudos da sociologia da ciência e filosofia da ciência influenciaram nossa compreensão do empreendimento científico. Também iremos explorar possibilidades que essa nova perspectiva trouxe para a pesquisa em ensino de ciências. No terceiro capítulo definiremos a metodologia utilizada nesta pesquisa, com a caracterização do objeto do estudo, envolvendo sua identificação, breve histórico e demais itens que compõem a implementação da SEI. Por sua vez, o quarto capítulo, relativo à análise, está organizado em quatro etapas: na primeira, a partir da análise dos fundamentos conceituais do material instrucional, desenvolve-se a ferramenta analítica; na segunda são identificados e interpretados os objetivos das aulas analisadas; na terceira há uma análise longitudinal da aula, identificando categorias e objetivos; e na quarta etapa é feita uma análise final relacionando os elementos anteriores. Por fim, no quinto capítulo são feitas as considerações finais do trabalho, relacionando discussões e contribuições provenientes do processo de elaboração do ferramental analítico proposto e avaliado nesta pesquisa.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo inicial, apresentaremos importantes posicionamentos acerca de termos e conceitos sobre o ensino de ciências no decorrer da história, a fim de entender a postura que se espera do professor e seus objetivos para com as aulas de ciências, principalmente em relação ao objeto da presente pesquisa: o papel do professor na implementação de uma SEI (sequência didática característica do Ensino por Investigação).

1.1 Ensino de Ciências por Investigação

Apesar do termo “Ensino por Investigação” ser familiar a pesquisadores da área de ensino de ciências, entendemos que seja imprescindível situarmos nosso entendimento a seu respeito, uma vez que no decorrer de sua longa história o termo adquiriu polissemia, permitindo usos e interpretações distintas. Dessa forma, a fim de apresentar nosso entendimento sobre o Ensino por Investigação, apresentaremos as ideias associadas à origem desse conceito e as principais modificações ocorridas em seu entendimento.

A partir de um levantamento das revisões históricas sobre o assunto, Sá, Lima e Aguiar Jr. (2011) afirmam que as primeiras justificativas para a incorporação da investigação científica por meio do laboratório escolar datavam do século XIX. Para tais autores, no início do século XX, a defesa desse tipo de atividade ganha um novo alcance por meio das ideias de John Dewey. Este filósofo criticava a demasiada ênfase dada à acumulação de informação no âmbito escolar e defendia que a ciência deveria ser vista também como uma forma de pensamento e de atitudes, ressaltando a importância dos alunos vivenciarem o pensamento científico e suas práticas (NRC, 1996).

Segundo o documento americano National Science Education Standards (NRC, 2000), organizado pelo National Research Council, foi somente em meados do século XX que a investigação como abordagem de ensino ganhou maior evidência, sendo o educador Josef Schwab um dos principais responsáveis por esse destaque. Por volta de 1960, Schwab defendia que a ciência deveria ser entendida como estruturas conceituais revisadas em função de novas evidências e que esse entendimento sobre a ciência deveria repercutir também no ensino e na aprendizagem (NRC, 2000).

Schwab considerava que os professores deveriam divulgar a imagem da ciência como uma investigação e também os conteúdos científicos deveriam ser aprendidos pelos alunos a partir de investigações. Por sua vez, os alunos, antes de serem apresentados a conceitos e

princípios abstratos e já formalizados, conforme usualmente encontrados nos livros didáticos, deveriam ter contato com os processos pelos quais tais conhecimentos eram produzidos, conhecendo as evidências que levavam às suas explicações e a seus refinamentos (NRC, 1996).

Ainda de acordo com o NRC (1996), Schwab havia apresentado três possíveis abordagens para o uso dos laboratórios escolares. Tais abordagens estavam baseadas no grau de independência dos alunos e apresentavam o papel do professor para cada um desses graus. Na primeira abordagem, o professor seria o responsável por propor as questões e a metodologia do desenvolvimento da atividade, ficando ao encargo do aluno estabelecer relações conceituais que desconheciam. Na segunda, caberia ao professor definir o tema e os materiais a serem utilizados, ficando os métodos e conclusões ao encargo dos alunos. Por último, a terceira abordagem daria aos estudantes liberdade para levantar questões, buscar por evidências e propor explicações científicas.

Além dessas três abordagens para o uso do laboratório escolar, Schwab ainda apresentou uma abordagem de ensino adicional, pela qual seria possibilitada aos estudantes uma melhor compreensão da pesquisa científica por meio de leituras e discussões de artigos científicos. Nessas discussões seriam trabalhados diversos aspectos da pesquisa, como a identificação do problema de pesquisa, a coleta de dados, o papel da tecnologia, a interpretação de dados e conclusões. Tal abordagem daria a oportunidade para que os estudantes pudessem propor diferentes explicações, experimentos alternativos e avaliassem o uso de evidências e pressupostos adotados nas pesquisas (NRC, 1996).

Entendemos que as proposições de Schwab indicavam objetivos para o ensino de ciências que iam além do domínio por parte dos alunos sobre os produtos conceituais da ciência, como conceitos, leis e teorias, abordando de forma ambiciosa também a importância da compreensão das práticas internas do fazer científico, se preocupando com as possibilidades de interpretações das teorias e com o surgimento de ideias conflitantes.

Segundo Barrow (2006), entre as décadas de 50 e 70, além de Dewey e Schwab, outros nomes, como Bruner e Piaget, influenciaram profundamente a natureza dos materiais didáticos do Ensino por Investigação. Caracterizaram uma reforma que deslocava o ensino de um modelo centrado em um aluno que lia e ouvia a respeito de conteúdos da ciência para um modelo em que o aluno participava ativamente de processos da ciência e compreendia a ciência como investigação (NRC, 2000). Naquele período, a ênfase do ensino recaiu sobre processos da ciência que configuravam “habilidades individuais (i.e. observar, classificar, inferir, controlar variáveis, etc.)” (NRC, 2000, p. 266, tradução nossa). Devido à grande

ênfase dada à experimentação e ao uso de laboratórios, o termo “Hands-On”¹ foi adotado para denominar as atividades desenvolvidas com tais características.

Para McConney e colaboradores (2014), princípios construtivistas como, por exemplo, a participação ativa do aluno e a construção pessoal do conhecimento, destacavam como necessário que os estudantes compreendessem como as ideias científicas eram desenvolvidas e que se apropriassem das habilidades e processos da investigação científica para sua vida cotidiana. Ainda no referido trabalho, os autores destacam a iniciativa de outros países, como Inglaterra e Austrália, para promover a adoção do Ensino por Investigação a fim de que seus alunos também aprendessem sobre o desenvolvimento de conceitos e procedimentos científicos.

De acordo com Barrow (2006), em tempos mais recentes, propostas de parâmetros de diretrizes educacionais elaboradas por duas importantes organizações nacionais foram fundamentais para a difusão do Ensino por Investigação no ensino dos EUA. A primeira, de autoria da American Association for the Advancement of Science (AAAS), seria a apresentada pelo projeto de reforma de longo prazo do ensino denominado “Project 2061”. Já a segunda proposta, denominada National Science Education Standards (NSES), foi elaborada pelo National Research Council (NRC). Tais documentos trouxeram um conjunto de novas ênfases, transitando de experimentos que demonstravam e verificavam conteúdos científicos para atividades que exigiam estratégias e evidências para o desenvolvimento de explicações. A partir desse novo conjunto de ênfases e em oposição àquelas atividades que se iniciavam pela manipulação e observação, as atividades centradas em operações sobre ideias e informações passaram a ser chamadas de atividades “Hands-on, Minds-On” (MAGNUSSON; PALINCSAR; TEMPLIN, 2004).

Como vimos, por meio do breve delineamento histórico apresentado, o entendimento do que seria o Ensino por Investigação sofreu mudanças com o passar do tempo. Em suporte a tal ideia, Anderson (2002) nos alerta que o Ensino por Investigação, apesar de ter sofrido modificações durante sua história, foi um termo que permaneceu central na área de ensino de

¹ Sobre as atividades “hands-on”, Wheeler (2000) adverte sobre uma concepção equivocada usualmente associada à ideia de “hands-on”: na qual bastaria uma atividade partir de uma atividade manipulativa para que se caracterizasse uma atividade como investigativa. Embora pesquisas apontem que pouquíssimo se aprenda sem o engajamento dos alunos, a realização de atividades manipulativas não é suficiente para o desenvolvimento de um engajamento verdadeiro. Para Wheeler (2000, p. 15, tradução nossa), podemos encontrar situações em que vemos alunos “com materiais nas mãos, mas com poucas evidências de compreensão em suas mentes”, havendo, assim, experiências “hands-on” que representam situações investigativas relativamente fracas.

ciências até mesmo quando todo o cenário educacional sofria grandes mudanças conceituais, como no caso do alastramento do construtivismo.

Para Anderson (2002), tais modificações sofridas pelo Ensino por Investigação fizeram com que, até mesmo nos EUA, país em que há décadas a importância do Ensino por Investigação é apontada por documentos educacionais, persistisse uma falta de consenso, tanto entre educadores quanto entre pesquisadores, sobre o significado do que seria o Ensino por Investigação. A abrangência de sentidos assumida pelo Ensino por Investigação é confirmada pelo próprio NRC, conforme este alerta que o Ensino por Investigação, “no decorrer do tempo, tem sido interpretado de muitas formas diferentes ao longo da comunidade de ensino de ciências” (NRC, 2012, p. 30, tradução nossa).

Ainda sobre essa questão, McConney e colaboradores (2014) destacam que, mesmo dentro da comunidade de professores dos EUA, reconhecia-se uma grande variedade de tipos de atividades investigativas e estas poderiam ser classificadas conforme o grau de liberdade que ofereciam aos alunos. Para tais autores, haveria um largo espectro de atividades investigativas que abrangeria: a investigação de verificação, nas quais poucas decisões cabiam ao estudante; a investigação estruturada; a investigação guiada; e, por último, a investigação aberta, na qual o aluno teria maior autonomia para elaborar e executar sua própria pesquisa.

Por sua vez, Duschl e Grandy (2008) apresentam que a diversidade de interpretações assumida pelo conceito de Ensino por Investigação é um desdobramento natural se considerarmos que tal proposta sobreviveu por mais de cinco décadas e se adaptou às profundas mudanças ocorridas em nossa compreensão sobre ciência, sobre a aprendizagem e também sobre os objetivos da educação.

Deslocamo-nos de uma ciência como experimentação para ciência como explicação/construção e revisão de modelos; da aprendizagem como processo passivo individual para um processo ativo, individual e social; de ensino de ciências com foco em gerenciamento das crenças dos aprendizes e matérias mão-na-massa para ensino de ciências com foco no gerenciamento das ideias dos aprendizes, acesso à informação e interações entre aprendizes (DUSCHL; GRANDY, 2008, p. 1, tradução nossa).

Concordando com as ideias de Duschl e Grandy (2008) sobre a diversificação dos significados de Ensino por Investigação, entendemos que a abordagem investigativa só perdurou por tantas décadas, passando por reformulações sociais, científicas e tecnológicas, por conter em seu cerne pressupostos que se mostraram compatíveis e adequáveis às grandes mudanças de pensamento transcorridas. Se, por um lado, qualificamos como positiva a diversificação dos sentidos assumidos por esse termo, por outro, alertamos sobre a

importância de que pesquisas em ensino de ciências que adotem tal termo delimitem seus entendimentos a seu respeito.

Diante desse panorama, destacamos que a concepção de Ensino por Investigação adotada neste trabalho se aproxima daquela apresentada por autores como Zômpero e Laburú (2011) e Carvalho (2011). Para tais autores, o Ensino por Investigação busca colocar o estudante em um papel ativo, como protagonista do processo de construção e apropriação do conhecimento. Concordamos ainda que o Ensino por Investigação pretende levar o aluno muito além de apenas conhecer, em suas formas já consolidadas, conceitos e teorias. É preciso permitir que os estudantes compreendam como o conhecimento é produzido, bem como permitir que participem das práticas envolvidas nesse processo.

Um ensino de Ciências capaz de fornecer aos alunos não somente noções e conceitos científicos, mas também a possibilidade de “fazer ciência”, sendo defrontados com problemas autênticos nos quais a investigação seja condição para resolvê-los (SASSERON; CARVALHO, 2008, p. 335).

Sobre esse aspecto, mostra-se fundamental fazer com que o estudante tenha contato com as práticas usualmente empregadas no pensamento científico como, por exemplo, o trabalho com dados, o trabalho com hipóteses, a elaboração de explicações e generalizações, a identificação de variáveis e a divulgação e defesa de ideias. Pretende-se que, a partir dessa vivência de experimentação, seja possível levar o estudante a compreender os processos de caráter social de produção, avaliação e divulgação do conhecimento, compreendendo ciência como um empreendimento social pelo qual ideias são colocadas à prova sob a luz de determinadas concepções teóricas.

Embora o Ensino por Investigação tenha sido indevidamente associado a atividades experimentais, não consideramos que o mesmo dependa exclusivamente desse tipo de atividade. Entendemos que uma investigação possa se dar, também, a partir de dados de diversos tipos e origens. Por exemplo, quando se intenta o desenvolvimento de discussões teóricas, o mesmo pode se dar sobre dados provenientes de leituras de textos, simulações, vídeos, entre outros. Até mesmo quando se pretende desenvolver práticas relacionadas com a análise de dados experimentais, pode-se fazer uso de dados provenientes de outros estudos ou simulações. Dessa maneira, entendemos como característica fundamental do Ensino por Investigação a participação ativa do aluno nos processos de produção do conhecimento, estejam eles baseados em processos experimentais ou teóricos.

Com isso, entendemos que as atividades investigativas, isto é, aquelas que adotam o Ensino por Investigação como perspectiva teórica, possam fazer uso de leituras, debates,

experimentos, atividades escritas, reproduções de vídeos e outras mídias, sejam elas atividades individuais ou em grupos. Concordamos com Zômpero e Laburú (2011, p. 68) quando defendem que essa abordagem de ensino amplia as possibilidades de “[...] aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico”. O Ensino por Investigação também possibilita que sejam tratados de forma adequada, tanto temas científicos quanto os considerados sociocientíficos (RATCLIFFE; GRACE, 2003), que seriam aqueles cuja tratativa não depende apenas de questões científicas e, portanto, necessitam que sejam considerados também aspectos culturais ou ambientais.

1.2 Alfabetização Científica

Na seção anterior, delineamos nossas concepções sobre o Ensino por Investigação e apresentamos as principais mudanças que essa abordagem didática sofreu no decorrer de sua história (FERRAZ; SOLINO; SASSERON, 2014). Assim como diversos fatores influenciaram essa abordagem didática, ao longo do tempo também impactaram nos propósitos do ensino, como veremos nas discussões a seguir sobre a Alfabetização Científica (AC).

1.2.1 Verbetes de nossa língua

Neste trabalho adotaremos a nomenclatura “Alfabetização Científica” como tradução de “Scientific Literacy”. Cabe aqui destacar que outros termos poderiam ser utilizados para a tradução desse conceito para nossa língua portuguesa. Como exemplos, citamos “Literacia Científica”, tradução adotada em Portugal (BAPTISTA, 2010; SOUSA, 2008) e “Letramento Científico” (MAMEDE; ZIMMERMANN, 2007; SANTOS; MORTIMER, 2001) encontrado no Brasil². Outra tradução possível seria “Enculturação Científica” (MORTIMER; MACHADO, 1996), que deriva do termo “la Culture Scientifique”, presente na versão francesa de documentos da UNESCO (SASSERON; CARVALHO, 2010).

² Ambas fazem uso dos neologismos “letramento/literacia” criados no final da década de 1980 por linguistas para expressar um novo sentido que o termo em inglês “literacy” (que historicamente já era traduzido como alfabetização) assumia nos estudos linguísticos internacionais (BALEM, 2002; SOARES, 2004).

Nossa opção pelo verbete “alfabetização”, em detrimento a “letramento” ou “literacia”, não se dá por discordarmos que estes novos vernáculos³ possam representar bem nosso entendimento do conceito. Nossa escolha se dá simplesmente pelo fato do termo “alfabetização” ser a tradução contemporânea à criação do conceito “Scientific Literacy”. Além disso, tal opção também se aproxima das traduções realizadas para língua espanhola “Alfabetización Científica” e para a língua francesa “Alphabétisation Scientifique” (FOUREZ, 1994). Lembramos que, no contexto internacional, o termo “literacy” e seus termos análogos em outras línguas, foram ressignificados com o passar do tempo de forma a contemplarem muito além do simples domínio das letras, passando a se referirem ao domínio do uso da leitura e escrita dentro de seu contexto. Lembramos aqui as palavras do educador Paulo Freire:

[...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. [...] Implica numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto (FREIRE⁴, 1980, p. 111 apud SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 61).

1.2.2 Alfabetização Científica e sinônimos

Agora, olharemos um pouco para o outro lado da moeda, ou seja, para quais outros termos da literatura internacional também dizem respeito ao termo “Scientific Literacy”. Veremos a seguir que, apesar desta forma ser a mais empregada, o conceito relacionado a AC já recebeu outras denominações a depender da época, instituição e localização geográfica. Com isso, ao adorarmos o termo AC estaremos também nos referindo a “Science Literacy” [Alfabetização em Ciência, tradução nossa], nomenclatura usualmente encontrada em documentos mais antigos dos EUA. Por sua vez, na Grã-Bretanha, o conceito usualmente associado à AC é o de Public Understanding of Science⁵ [Entendimento Público da Ciência, tradução nossa]. Por fim, na França, como destacado anteriormente, o conceito que diz respeito à AC é o de La Culture Scientifique [A Cultura Científica, tradução nossa] (LAUGKSCH, 2000).

³ Recomendamos aqui a leitura de Teixeira (2013), que apresenta uma interessante discussão a respeito do verbete mais adequado para traduzir o termo “Scientific Literacy” e de Cerutti-Rizzatti (2012), que apresenta justificativas para o neologismo “letramento”.

⁴ FREIRE, P. **Educação como Prática da Liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1980.

⁵ Entendemos que diversos pesquisadores diferenciam “Scientific Literacy” de “Public Understanding of Science”, por exemplo, Bauer (2009).

O conceito de AC é bastante difundido internacionalmente na área de Ensino de Ciências, constando em documentos oficiais de diversos países e grandes organizações, como, por exemplo, UNESCO (1993), OECD (PROGRAMME FOR INTERNATIONAL STUDENT ASSESSMENT 2015, 2012), Estados Unidos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996), Inglaterra (DEPARTMENT OF EDUCATION, 1995), Austrália (CURRICULUM CORPORATION, 1994) e Canadá (COUNCIL OF MINISTERS OF EDUCATION, 1997), mesmo assim o termo “tem desafiado definições precisas desde que foi introduzido [...] apesar de amplamente defendido como resultado do ensino de ciências, nem todos concordam com seu significado” (DEBOER, 2000, p. 1, tradução nossa). Tendo isso em vista, faremos uma breve introdução histórica a fim de apresentarmos o amplo espectro de significados possíveis.

1.2.3 Alfabetização Científica: sua origem e diversificação

Diversos trabalhos que realizaram a revisão bibliográfica da AC (HURD, 1998; DEBOER, 2000; LAUGKSCH, 2000; ROBERTS, 2007; HODSON, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2011) destacam que o termo passou a ser utilizado no final da década de 1950 e início da década de 1960, tendo seu provável primeiro registro no trabalho de Hurd, em 1958: “Science Literacy: its meaning for American schools” (DEBOER, 1991; HURD⁶, 1958 apud LAUGKSCH, 2000). Ainda sobre esse trabalho, Roberts (2007) alerta que, naquele momento, o termo havia sido adotado para se referir a uma formação específica para os estudantes que não pretendiam seguir carreiras científicas. Entretanto, apesar de dizer respeito à formação dos que não escolhiam carreiras científicas, já havia na AC a ideia de “Science for All” [Ciência para todos, tradução nossa]. Assim, nesse período, já estava presente a ideia de que o entendimento da ciência deveria ser útil a todos, independentemente da carreira escolhida.

Laugksch (2000) destaca que, apesar do termo AC apenas ter se consolidado com o trabalho de Hurd (1958), esse ideário da utilidade da ciência a todos já existia de longa data e, provavelmente, datava do início do século XX. Segundo DeBoer (1991), esse grande ímpeto de se estender o ensino de ciências a toda a população de estudantes ocorreu num momento histórico muito peculiar, pois se tratava de uma reação dos EUA ao lançamento do satélite

⁶ HURD, P. D. Science Literacy: its meaning for American schools. **Educational Leadership**, v. 16, n. 1, p. 13-52, 1958.

Sputinik pelos soviéticos. Segundo Laugksch (2000), a busca pela AC nos EUA atendia a um duplo objetivo. O primeiro era formar cientificamente a população para que a mesma pudesse reconhecer o papel central da ciência em questões econômicas, sociais e militares. O segundo objetivo era o de incentivar parte dos jovens a ingressarem nas carreiras científicas, fornecendo público suficiente para promover o necessário avanço tecnológico tão desejado.

Em seus primeiros momentos, caracterizados por Roberts⁷ (1983), citado por Laugksch (2000), a AC passou por duas fases. A primeira, de “legitimação”, entre 1957 e 1963, na qual houve uma forte defesa da necessidade de se alfabetizar cientificamente a população, mas desacompanhada de uma maior preocupação em se definir exatamente no que consistia essa alfabetização. Em sua segunda fase, a AC passa por um período denominado “interpretação séria”, no qual se procurou identificar com mais precisão quais seriam exatamente os conteúdos a serem ensinados. Laugksch (2000) destaca que já nesse momento foram constatadas múltiplas interpretações de AC. Tal variedade de interpretações fez com que o conceito de AC fosse, por vezes, avaliado como mal definido, difuso e, portanto, controverso.

A partir de uma inspeção da literatura, Laugksch (2000) elenca cinco fatores inter-relacionados que seriam os responsáveis pelo desenvolvimento dessas variadas interpretações:

[...] o [elevado] número de diferentes grupos de interesse que estão envolvidos com alfabetização científica, diferentes definições conceituais do termo, a natureza relativa ou absoluta de alfabetização científica como conceito, diferentes propósitos para defender a alfabetização científica e as diferentes formas de mensurá-la (LAUGKSCH, 2000, p. 74, tradução nossa).

Para ilustrar a influência desses fatores na gênese da multiplicidade de interpretações, apresentaremos resumidamente a discussão, por Laugksch (2000), apenas a respeito de um desses elementos geradores, que formam os diferentes grupos envolvidos com a AC.

O primeiro grupo é composto pela comunidade de ensino de ciências. Ele apresenta uma série de preocupações como, por exemplo, quais os objetivos para os quais se ensina ciências; de que forma habilidades, atitudes e valores relacionados a esses objetivos poderiam ser incorporados ao currículo; qual a qualidade e a natureza dos recursos necessários para atingir esses objetivos de forma eficiente; e quais as formas de avaliação para mensurar adequadamente com qual desempenho foram atingidos tais objetivos. O segundo grupo, composto pelos cientistas sociais e pesquisadores da opinião pública, se preocupa com

⁷ ROBERTS, D. A. **Scientific Literacy**: towards a balance for setting goals for school science programs. Ottawa, ON, Canada: Minister of Supply and Services, 1983.

questões relacionadas com a participação e compreensão da população sobre temas relacionados à ciência e tecnologia. Atuam na política pública com o objetivo de tornar informações que subsidiariam o posicionamento político e controle social de decisões acessíveis à população comum. O terceiro grupo, por sua vez, composto pelos sociólogos da ciência e educadores de ciências, defendem abordagens sociológicas para o ensino de ciências por se preocuparem sobre como se dá a construção da autoridade relacionada à ciência. Tal grupo se volta a questões associadas com as formas pelas quais as pessoas, em sua vida diária, interpretam, avaliam e negociam conhecimentos científicos e suas fontes. Já o quarto e último grupo, relacionado com a comunidade informal de ensino de ciências, abrangeria pessoas ligadas a centros e museus de ciência, jardins botânicos, zoológicos e divulgadores científicos do rádio, da TV, jornais e revistas. Este grupo, além de estar voltado a um público de faixa etária variada, se destaca por apresentar abordagens diferenciadas de acordo com o público desejado.

1.2.4 Alfabetização Científica e sua classificação

Como visto na seção anterior, a diversificação dos conceitos de AC não se deu recentemente e sua origem está relacionada a diversos elementos, como as diferentes comunidades envolvidas, que quando combinadas contribuiriam para a diversificação das conceptualizações de AC. Comentaremos a seguir alguns trabalhos que se propuseram a identificar ou descrever a AC. Nesse sentido, um dos primeiros trabalhos a se destacar devido a seu pioneirismo é a pesquisa de Pella, O’Hearn e Gale⁸ (1966), citada nos trabalhos de Roberts (2007) e Laugsch (2000). Tal estudo tomou por base 100 artigos selecionados entre o período de 1946 e 1964 e determinou seis dimensões de conhecimento associadas à AC. Assim, o indivíduo cientificamente alfabetizado seria aquele que compreendesse:

- dos conceitos básicos da ciência;
- natureza da ciência;
- ética sobre o trabalho científico;
- inter-relações entre ciência e sociedade;
- inter-relações entre ciência e humanidades;
- diferenças entre ciência e tecnologia.

(PELLA; O’HEARN; GALE, 1966, p. 206 apud ROBERTS, 2007, p. 16, tradução nossa).

⁸ PELLA, M. O.; O’HEARN, G. T.; GALE, C. W. Referents to Scientific Literacy. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 4, p. 199-208, 1966.

De acordo com Pella, O’Hearn e Gale (1966), citados por Laugksch (2000), as seis dimensões não deveriam ser ponderadas igualmente com um mesmo peso. Isso se devia ao fato de sua pesquisa ter identificado uma maior incidência dos três primeiros itens em relação aos demais, indicando certa necessidade de valoração entre as dimensões.

Outro trabalho de sistematização, citado por Laugksch (2000), é o de Showalter⁹ (1974). Este último, além de também adotar como ponto de partida o trabalho citado de Pella, O’Hearn e Gale (1966), toma como base mais de 15 anos de literatura relacionada à definição de AC, e identificou as sete dimensões a seguir:

- [1] Compreende a natureza do conhecimento científico;
 - [2] Aplica acuradamente conceitos, princípios, leis e teorias em interação com seu universo;
 - [3] Usa processos da ciência na resolução de problemas, e na tomada de decisões, compreende a natureza do conhecimento científico e promove sua própria compreensão do universo;
 - [4] Interage com os vários aspectos de seu universo de forma consistente com os valores estruturais da ciência;
 - [5] Compreende e aprecia a junção dos empreendimentos científicos e tecnológicos, bem como as inter-relações entre elas e com outros aspectos da sociedade;
 - [6] Desenvolve uma visão do universo, mais rica, satisfatória e excitante, como resultado de sua educação científica e continua a estender essa educação para a vida;
 - [7] Desenvolve numerosas habilidades manipulativas associadas à ciência e tecnologia.
- (SHOWALTER, 1974 apud LAUGKSCH, 2000, p. 77, tradução nossa).

Para ilustrar tamanha variabilidade alcançada pela AC no período, Roberts (2007) apresenta um estudo realizado por Agin¹⁰ (1974) no qual associou mais dois eixos às classificações apresentadas por Pella, O’Hearn e Gale (1966). Esta combinação resultou em uma matriz com, numerosas, 72 células de categorias. Tal estudo indicava que esta matriz daria conta de contemplar o longo espectro assumido pelas possíveis variantes de AC existentes nos artigos analisados.

DeBoer (2000), concordando com a variabilidade de definições atingida pela AC no período, afirma que a única conclusão que poderíamos chegar a respeito de definir a AC seria: “a alfabetização científica geralmente implica em compreensões da ciência amplas e funcionais para propósitos educacionais gerais, e não destinada a preparação; específica para carreiras científicas e técnicas” (DEBOER, 2000, p. 594, tradução nossa). Tendo em vista esse imenso elenco de possibilidades apresentado e o grande número de propostas que visavam uma alfabetização científica, mas que variavam significativamente em seus objetivos

⁹ SHOWALTER, V. M. **What Is United Science Education?** Part 5. Program objectives and scientific literacy. Prism II, 1974.

¹⁰ AGIN, M. L. Education for Scientific Literacy: a conceptual frame of reference and some applications, **Science Education**, v. 58, p. 403-415, 1974.

e pressupostos, mostrava-se imediata a necessidade de encontrar formas de classificar tais propostas.

Roberts (2007), também partindo dos seis aspectos de Pella, O’Hearn e Gale (1966), desenvolve o que denomina “duas visões de AC”. A primeira, denominada Visão I, seria aquela centrada na ciência e diria respeito aos três primeiros aspectos dos autores citados, a saber: conceitos básicos de ciência; natureza da ciência; e ética que controla o trabalho científico. A segunda, Visão II, seria centrada nas relações da ciência e diria respeito às três categorias restantes: inter-relação de ciência e sociedade; inter-relação entre ciência e as humanidades; e diferenças entre ciência e tecnologia.

Ainda no mesmo trabalho, Roberts (2007) exemplifica essas “duas visões de AC” para caracterizar outras propostas de delimitação de AC. Ressalta ainda que as compreensões de AC poderiam ser classificadas em um contínuo, que iria de um extremo, totalmente centrado na ciência, até o outro extremo, focado nas relações feitas com a ciência.

Também precisamos destacar o trabalho realizado por Shen¹¹ (1975 apud ROBERTS, 2007), no qual havia a proposição de se classificar a AC de acordo com seus propósitos, podendo ela ser: “Prática”, que envolveria o domínio de conhecimentos científicos que poderiam ser usados para resolver problemas práticos; “Cívica”, que permitiria ao cidadão ser mais consciente sobre a ciência e questões relacionadas a ela, de forma a ampliar sua representatividade em uma sociedade cada vez mais tecnológica; ou “Cultural”, que seria motivada pelo desejo de conhecer a produção científica por esta ser uma conquista humana. Essa última forma de alfabetização seria para a ciência o que a apreciação artística é para a arte.

Outra classificação interessante, citada por Roberts (2007), é a proveniente do trabalho de Shamos¹² (1995). Nesse trabalho foram desenvolvidas três categorias, que não só classificavam a AC de acordo com a temática, mas que possuíam uma relação hierárquica entre si. As categorias seriam:

- “Cultural”, que permitiria que o estudante tivesse contato e compreensão do léxico e informações de pano de fundo, construindo com o estudante o vocabulário necessário para a compreensão da ciência;

¹¹ SHEN, B. S. P. Science Literacy and the Public Understanding of Science. In: DAY, S. B. (Ed.). **Communication of Scientific Information**. Basel, Switzerland: S. Karger AG, 1975. p. 44-52.

¹² SHAMOS, M. **The Myth of Scientific Literacy**. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1995.

- “Funcional”, na qual os estudantes não só conheceriam o vocabulário, mas também estariam aptos a conversar, ler e escrever de forma coerente, com uso de termos usuais e científicos de forma contextualizada;
- “Real”, nesse nível o estudante saberia sobre o funcionamento geral da ciência como um empreendimento, conhecendo seus esquemas conceituais, como se chegou a eles e porque eles são amplamente aceitos, conhecendo também como a ciência alcança ordem de um universo aleatório e qual o papel do experimento na ciência. Também apreciaria os elementos de uma investigação científica, a importância do questionamento apropriado, dos raciocínios analítico e dedutivo, do pensamento lógico e da relação entre objetivo e a dependência de provas objetivas.

De forma semelhante, também apresentando uma relação hierárquica entre categorias, Bybee¹³ (1997 apud ROBERTS, 2007) estabelece uma classificação com quatro níveis de AC. Seriam eles: “Nominal”, na qual o indivíduo associaria os nomes com as áreas gerais da ciência e tecnologia, e as inter-relações seriam poucas e insignificantes; “Funcional”, na qual indivíduos responderiam adequadamente e apropriadamente ao vocabulário, podendo escrever e ler passagens que necessitam de pouco vocabulário científico; “Conceitual e procedimental”, que ocorre quando indivíduos demonstram compreensão tanto dos conceitos e procedimentos quanto da ciência e da tecnologia como disciplinas. Nesse nível, os indivíduos compreendem a estrutura das disciplinas e os procedimentos para desenvolverem novos conhecimentos e técnicas; e “Multidimensional”, na qual haveria a compreensão das estruturas conceituais essenciais da ciência e tecnologia, bem como as características que fazem essa compreensão mais completa como, por exemplo, com a história e natureza da ciência. Adicionalmente, indivíduos nesse nível compreendem as relações entre toda a ciência, tecnologia e sociedade.

Segundo Laugksch (2000), outro trabalho fundamental para caracterização do que seria a AC e que obteve grande impacto nas pesquisas e desenvolvimento de avaliações da AC nos EUA, foi o realizado por Miller¹⁴ (1983, p. 29 apud LAUGKSCH, 2000, p. 78, tradução nossa), interessado em fomentar a participação da população em decisões políticas sobre a ciência e preocupado com os níveis “deploravelmente baixos de alfabetização científica nos Estados Unidos” que havia encontrado com sua pesquisa, apresenta uma

¹³ BYBEE, R. W. **Achieving Scientific Literacy: from purposes to practices**. Portsmouth, NH: Heinemann, 1997.

¹⁴ MILLER, J. D. Scientific Literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, v. 112, n. 2, p. 29-48, 1983.

possibilidade de avaliar os níveis de AC em três dimensões. A primeira dimensão seria aquela relacionada à compreensão das normas e processos da ciência. A segunda seria relacionada ao conteúdo cognitivo das principais disciplinas. A terceira seria a conscientização do impacto da ciência e tecnologia na sociedade e das escolhas políticas relacionadas a essas questões.

Já no contexto nacional, podemos destacar o trabalho de Sasseron e Carvalho (2008). As autoras apresentam eixos estruturantes para a AC, que recebem esse nome por auxiliarem na idealização, planejamento e análise de propostas de ensino que almejem a AC. O primeiro eixo, “compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais”, tem sua importância fundamentada na necessidade de se compreender conceitos-chave, até mesmo para ações mais imediatas de nosso cotidiano. O segundo eixo, “compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática”, mostra-se necessário à medida que a compreensão das investigações científicas e seu contexto podem nos ajudar a avaliar informações e tomar decisões que possam ponderá-las adequadamente. O terceiro eixo, “entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente”, mostra-se fundamental ao dizer respeito à presença e influência da ciência e tecnologia em nossa sociedade, mostrando-se necessária nossa tomada de posição em questões que influenciam o futuro não só de nossa sociedade, mas também de todo o planeta.

Quadro 2

Expectativas para um indivíduo alfabetizado cientificamente (NSTA, 2010)	
a.	Conhece os principais conceitos, hipóteses e teorias da ciência e é capaz de utilizá-los;
b.	Inclui conhecimento dos conceitos científicos e práticas da ciência para tomada responsável de decisões cotidianas;
c.	Compreende que a geração de conhecimento científico depende de processos investigativos e conceitos teóricos;
d.	Compreende que a invenção e o aprimoramento de tecnologias dependem de processos de design tecnológico;
e.	Compreende que ciência e tecnologia são produtos da criatividade e imaginação humana e são submetidas a verificação e testes rigorosos;
f.	Reconhece que a compreensão científica é sujeita a alterações, conforme se acumulam evidências ou conforme se reavaliam evidências antigas;
g.	Distingue entre evidências científicas e opiniões pessoais;
h.	Compreende como a sociedade influencia a ciência e a tecnologia e como a ciência e a tecnologia influenciam a sociedade;
i.	Compreende e avalia os benefícios e encargos do desenvolvimento da ciência e tecnologia;
j.	Está apto a avaliar o perde-e-ganha existente entre soluções alternativas quando consideradas decisões que envolvam prioridades concorrentes;
k.	Reconhece que avanços científicos e tecnológicos podem ter consequências imprevistas e que somente se tornam aparentes ao decorrer do tempo, conforme a aplicação ou tecnologia se torna mais disseminada ou poderosa;
l.	Reconhece que muitas decisões sobre a natureza são globais e que pessoas em outra parte do mundo são afetadas por nossas decisões, além de enfrentarem decisões e questões similares;

- | | |
|----|--|
| m. | Compreende que soluções sustentáveis para questões sociais são aquelas que suprem as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de futuras gerações suprirem suas próprias necessidades; |
| n. | Promove múltiplas oportunidades de aprendizagem que incentivem o estudo da ciência em contextos pessoais e sociais; |
| o. | Aprecia o valor e o papel da pesquisa e processos de design tecnológico; |
| p. | Conhece fontes confiáveis de informações científicas e tecnológicas, de que forma acessá-las e como usar essas fontes em processos de tomada de decisão. |

FORNTE: NSTA (2010, tradução nossa).

Fourez (1994), em sua revisão e discussão sobre o tema, destaca a proposição realizada na década de 80, nos EUA, pela National Science Teachers Association (NSTA), na qual foi elencada uma série de objetivos a se esperar de um aluno alfabetizado científica e tecnologicamente. Mais recentemente, a mesma instituição publica um novo relatório (NSTA, 2010), contendo uma nova versão dessas recomendações que podem ser conferidas no Quadro 2, acima.

A fim de complementar o panorama apresentado, o mesmo relatório (NSTA, 2010) elenca diversas formas pelas quais o ensino de ciências poderia promover tais expectativas, conforme apresentado no Quadro 3, abaixo.

Quadro 3

NSTA (2010): Formas de Promover a Alfabetização Científica	
a.	Incorporar questões científicas que sejam pessoalmente e socialmente relevantes e desenvolvê-las de forma apropriada, de maneira a gerar interesse e motivação para o engajamento em questões pessoais e sociais relacionadas às ciências;
b.	Destacar, o quanto for possível, questões científicas e tecnológicas que forem identificadas por estudantes;
c.	Incorporar as práticas e a compreensão da investigação científica e do design tecnológico;
d.	Prover múltiplas oportunidades de aprendizagem que incentivem o estudo da ciência em contextos pessoais e sociais;
e.	Proporcionar um contexto de aprendizagem autêntica, examinando as dimensões sociais das questões científicas, como política, econômica e considerações éticas;
f.	Decidir abordagens de forma imparcial e aberta, respeitando e reconhecendo diferentes perspectivas, pontos de vista, crenças e outras formas de saber;
g.	Preparar os estudantes para que se tornem futuramente cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados e dispostos a se engajar na tomada de decisões, responsáveis e informados.

FORNTE: NSTA (2010, tradução nossa).

Enfim, após extensa pesquisa acerca de Ensino por Investigação e Alfabetização Científica realizada neste referencial teórico, ampliamos e definimos nosso entendimento sobre os mesmos, de forma a subsidiar a compreensão tanto a respeito dos objetivos estabelecidos no material instrucional da SEI quanto da participação do professor durante sua implementação em vista de atingir os mesmos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

Conforme apresentamos no capítulo inicial, este trabalho se debruça sobre o papel do professor na implementação de uma SEI. Neste capítulo, com o propósito de permitir a compreensão e a análise desse papel, serão apresentadas as bases conceituais, que alicerçaram o desenvolvimento do sistema analítico a ser proposto e empreendido neste trabalho, e as ferramentas analíticas desenvolvidas por estudos semelhantes, que foram adotadas como ponto de partida para esse desenvolvimento.

2.1 Bases para Análise por uma Perspectiva Social da Ciência

Como visto até o momento, dentre os propósitos centrais da AC, além da promoção do entendimento sobre conceitos científicos, encontra-se o desenvolvimento de uma percepção adequada a respeito do empreendimento científico, de suas formas de produção de conhecimento e das mútuas influências entre ciência, tecnologia e sociedade.

Sobre a necessidade de se ensinar a natureza da ciência, Sandoval (2014) alerta que, embora pesquisadores de ensino de ciências defendam há décadas que os alunos compreendam as formas que a ciência produz conhecimento (epistemologia), houve alterações significativas na própria compreensão a respeito do funcionamento do empreendimento científico nesse período.

De forma semelhante, Duschl e Grandy (2008) lembram que, ao longo dos anos, tivemos uma profunda mudança na concepção de ciência. Esta deixou de ser entendida exclusivamente como experimentação e passou a também ser entendida como construção e revisão de modelos e explicações.

De acordo com Jiménez-Aleixandre (2014), essa mudança na compreensão da ciência estaria relacionada com a compreensão do papel do discurso na construção de conhecimentos científicos. Por sua vez, Mortimer e Scott (2002) defendem uma ideia semelhante ao associar as mudanças de concepção sobre a ciência ao movimento ocorrido na Psicologia, denominado “virada discursiva”.

Silva (2008), ao estudar as pesquisas na área de ensino de ciências influenciadas pelos estudos de bases epistemológicas, defende a importância de favorecer a compreensão da ciência como “uma prática situada socialmente, em que os cientistas elaboram e negociam valores, definindo o que poderia ser considerado como boas questões, métodos e respostas adequadas” (SILVA, 2008, p. 48). Segundo a autora, tivemos uma agenda de pesquisas

epistemológicas que se desenvolveu a partir da influência de trabalhos da filosofia da ciência (LONGINO, 1990) e da sociologia da ciência (LATOURE; WOOLGAR, 1986; KNORR-CETINA¹⁵, 1999).

Segundo Moraes (2005), as obras de Knorr-Cetina¹⁶ (1981) e de Latour e Woolgar¹⁷ (1979) pertencem a um movimento denominado *Sociology of Scientific Knowledge* (SSK). Esse movimento, que rompia com a concepção predominante na sociologia do momento, era de base positivista e considerava os cientistas como produtores de representações precisas da realidade, partindo do princípio de que a realidade podia ser julgada por regras e critérios universais que “transcendem outras diferenças entre tradições intelectuais conflitantes” (MERTON¹⁸, 1975, p. 51 apud MORAES, 2005, p. 29).

Dentre os principais trabalhos que influenciaram as agendas educacionais com enfoque epistemológico, concordamos com Kelly e Crawford (1997), Sandoval (2001) e Duschl (2008), quando estes destacam que foram fundamentais para essa mudança de concepção obras como “*Laboratory Life: the construction of scientific facts*” de Latour e Woolgar (1979/1986) e os livros “*Science as Social Knowledge*” e “*The Fate of Knowledge*” de Longino (de 1990 e 2002, respectivamente). A fim de compreendermos em maior profundidade os motivos que originaram tais mudanças, dedicaremos a seção seguinte à compreensão das contribuições dessas obras para nossa compreensão da ciência.

2.2 Mudanças na Compreensão sobre a Ciência

“*Laboratory Life*” é um livro publicado inicialmente em 1979, redigido por Bruno Latour, sociólogo, antropólogo e filósofo, em conjunto com Steve Woolgar, também sociólogo. De acordo com Kropf e Ferreira (1997), essa obra foi resultado de um estudo realizado entre 1975 e 1977 em meio a um renomado laboratório de pesquisas nos EUA. Para tais autores, durante esse período, Latour teria realizado uma abordagem etnológica para compreender a atividade do cientista em um de seus principais habitats, o laboratório.

¹⁵ KNORR-CETINA, K. **Epistemic Cultures: how the sciences make knowledge**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.

¹⁶ KNORR-CETINA, K. **The Manufacture of Knowledge: an essay on the constructivist and contextual nature of Science**. Oxford: Pergamon, 1981.

¹⁷ LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **Laboratory Life: the construction of scientific facts**. Princeton: Sage Publications, Inc., 1979.

¹⁸ MERTON, R. K. *Structural Analysis in Sociology*. In: BLAU, P. M. (Ed.). **Approaches to the Study of Social Structure**. London: Open Books, 1975, p. 21- 52.

Latour e Woolgar (1986) comparam a abordagem empreendida em suas observações realizadas no cotidiano do laboratório de pesquisa, localizado em meio a um grande centro urbano, com aquelas adotadas por etnólogos que, quando visitam tribos desconhecidas ou pouco conhecidas, em lugares praticamente inacessíveis, registram em detalhes seus costumes mais exóticos, suas relações familiares mais peculiares ou seus cultos mais complexos. Foi justamente com essa abordagem que Latour e Woolgar (1997) relatam ter observado e registrado as atividades de laboratório, adotando uma observação minuciosa que toma a perspectiva de alguém que é totalmente externo àquela cultura.

Em sua obra Latour relata que durante o período de dois anos que passou observando e registrando a vida que cientistas levavam dentro de um laboratório, foi poupado de uma das principais dificuldades pela qual passam etnólogos. Estes, ao estudarem por longos períodos, por meio da observação participante, ambientes de sua própria sociedade, precisam desenvolver técnicas para manter o distanciamento necessário do objeto de estudo. Latour relata que, em seu caso, tais preocupações foram desnecessárias, uma vez que era um ser estranho àquele ambiente. Seu afastamento começava por ser estrangeiro e, inicialmente, não dominar a língua falada naquele país, que era o inglês. Envolvia também o desconhecimento conceitual sobre seu objeto de estudo, devido a sua inexperiência a respeito dos estudos sociológicos e epistemológicos da ciência. Aliado a isso, havia também sua ignorância sobre a própria ciência e, em especial, ao que era feito naquele laboratório (LATOUR; WOOLGAR, 1986).

A percepção de Kropf e Ferreira (1997) sobre o argumento central do livro de Latour e Woolgar (1997) é que “a ciência não se distingue de outras práticas sociais”, contrariando o que postulava a epistemologia que, até então, atribuía à ciência “uma superioridade cognitiva derivada da racionalidade intrínseca a esta atividade”, ideia completamente oposta àquela que entende: “[o] cientista, como qualquer outro ator social, é alguém que se utiliza de estratégias persuasivas que visam garantir a aceitação dos enunciados por ele produzidos” (KROPF; FERREIRA, 1997, p. 4).

Segundo Latour e Woolgar (1986), as duas principais habilidades dos cientistas estariam “na arte de construir dispositivos capazes de definir figuras, traços ou inscrições”, se referindo aos equipamentos que executavam e registravam os testes, e na arte da persuasão, usada “[...] para que os pesquisadores convençam os outros da importância do que fazem, da verdade do que dizem e do interesse que existe no financiamento de seus projetos” (LATOUR; WOOLGAR, 1986, p. 69, tradução nossa).

Os artigos científicos, que eram vistos pelos cientistas como meios de comunicar importantes descobertas, foram abordados por Latour e Woolgar (1986) como ferramentas de persuasão que teriam como finalidade levar seus enunciados ao status de fato, evento que só ocorre “quando os leitores têm a convicção de que não há debate a esse respeito” (LATOUR; WOOLGAR, 1986, p. 76, tradução nossa).

Latour e Woolgar (1986) afirmam ter se dedicado ao estudo da microsociologia dos fatos, que seria uma análise dos microprocessos envolvidos nas produções desses fatos. Tal análise realiza-se com base na observação da totalidade das atividades cotidianas do laboratório, incluindo reuniões e conversas informais. A partir da análise dessas observações, os autores perceberam que “uma rede complexa de avaliações está presente em qualquer dedução ou decisão” (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 170).

Conforme exposto, vimos que Latour e Woolgar (1986) abordaram os processos de construção de fatos, no qual os cientistas compunham uma comunidade de autores e leitores que, ao produzir suas inscrições literárias, procuravam fazer com que seus enunciados tivessem seus graus de factibilidade ampliados, por meio do reconhecimento realizado por publicações de outros laboratórios de pesquisa. Segundo os autores, o grau máximo que um enunciado poderia atingir ocorria quando se tornava um fato, estágio em que alcançava a estabilização do enunciado. “A estabilização de um enunciado faz com que ele perca qualquer referência ao processo de sua construção. É desse modo que se caracteriza a construção de um fato” (LATOUR; WOOLGAR, 1997, p. 192). Também foi exposto que na ciência, parte desse processo de construções de fatos se dá nas práticas mais rotineiras do interior do laboratório, como nas discussões diárias em que as ideias e sua comunicação são constantemente avaliadas.

A força do movimento *Sociology of Scientific Knowledge* (SSK), impulsionada por obras como “*Laboratory Life*”, além de influenciar a Sociologia da Ciência, instigou novas perspectivas também em outras áreas que tinham a ciência como seu objeto de estudo, como é o caso da Filosofia da Ciência, que veremos a seguir, a partir dos trabalhos de Longino.

2.3 O Aspecto Social na Produção do Conhecimento Científico

Nesta seção iremos abordar algumas das principais contribuições de Helen Longino a respeito da natureza social da produção do conhecimento. Tais contribuições, além da grande significância dentro de sua própria área de pesquisa (Filosofia da Ciência), repercutiram profundamente na comunidade internacional de pesquisa em Ensino de Ciências (NRC, 1996;

HURD, 1998; KELLY; DUSCHL, 2002; RUDOLPH, 2005; SILVA, 2008; CHINN; BUCKLAND; SAMARAPUNGAN, 2011; OSBORNE; PATTERSON, 2011; NRC, 2012; CHRISTODOULOU; OSBORNE, 2014; SANDOVAL, 2014; STROUPE, 2014; FORD, 2015; SASSERON; KELLY, 2016; entre outros).

Em seus livros “Science as Social Knowledge”, de 1990 e “The Fate of Knowledge”, de 2002, Longino examina uma versão do problema epistemológico da indeterminação dos dados à teoria, ou subdeterminação do argumento (LONGINO, 2016a). Este problema da filosofia consiste na lacuna epistemológica existente entre as afirmações que descrevem os dados e as afirmações que descrevem as hipóteses ou teorias necessárias para a confirmação dos dados.

Longino (2016b) aborda a subdeterminação do argumento para responder em termos lógicos a questão levantada por pesquisadores orientados sociologicamente, pela qual “os indivíduos participantes da produção de conhecimento científico são historicamente, geograficamente e socialmente situados e, portanto, suas próprias observações já refletiriam essa situacionalidade” (LONGINO, 2016b, p. 1, tradução nossa¹⁹). Tal proposição leva pesquisadores de orientação sociológica a concluir que, como o que conta como conhecimento é determinado por essas comunidades científicas, o próprio conhecimento seria subjetivo. Na perspectiva de Longino (2016a), em quase todas as situações (com exceção das generalizações empíricas) inexistente uma conexão lógica formal direta entre os dados e a hipótese. Nesses casos, desenvolve-se um processo em que os dados assumem papel de evidência e, nesse processo, a aceitação da plausibilidade da hipótese se dá sobre pressupostos contextuais.

Embora Longino (2016a) concorde que a aceitação da hipótese ocorra com base em pressupostos contextuais, a autora afirma que a interação crítica de membros de uma comunidade científica é justamente o que evita que um conhecimento científico seja estabelecido sob o domínio arbitrário de uma preferência subjetiva. Assim, apesar do processo responsável pela diferenciação entre o que se entende por opinião e o que se entende por conhecimento ocorrer sobre alicerces de natureza social, o conhecimento produzido ainda teria assegurada sua objetividade.

Para Potter (2006), diante da falta de sucesso de empiristas lógicos e pós-positivistas na busca de uma relação formal que relacione, por um lado, as proposições expressando

¹⁹ “the individuals participating in the production of scientific knowledge are historically, geographically, and socially situated and their observations and reasoning reflect their situations”.

hipóteses ou teorias e, por outro, aquelas expressando dados observacionais, Longino propõe que hipóteses científicas são subdeterminadas por percepções sensoriais. Isso se daria pelo fato das percepções, por si só, nada dizerem sobre hipóteses, modelos ou teorias. Seriam os cientistas que determinariam quais percepções assumiriam o papel de dado relevante, isto é, quais dados seriam evidências para determinada hipótese.

Ainda segundo Potter (2006), essa escolha feita pelos cientistas não ocorreria ao acaso, mas com base em suposições de segundo plano [background assumptions, tradução nossa] que os cientistas possuem em função de seus contextos de pesquisa. Esses pressupostos incluem tanto valores cognitivos, ou constitutivos - como, por exemplo, “a acurácia, simplicidade, previsibilidade e assim por diante” (POTTER, 2006, p. 212, tradução nossa) - resultantes dos objetivos da ciência, como também valores contextuais, que são as crenças, valores sociopolíticos e interesses.

Em “The Fate of Knowledge”, Longino (2002) apresenta que as comunidades científicas institucionalizariam certas práticas, como a revisão por pares, a validação do raciocínio e a adequação empírica, de forma a transformá-las em normas que são seguidas a fim de que as comunidades atendam condições de eficácia e que se qualifiquem como objetivas. Entretanto, além desse conjunto de práticas, a autora propõe que, para que o conhecimento se distinga da opinião, as normas científicas que garantem a objetividade da ciência devem abranger também aspectos relativos ao funcionamento das comunidades científicas.

Nesse sentido, para a constituição de comunidades cognitivas ideais, que permitam a crítica reflexiva necessária para que a legitimação do conhecimento não ocorra de forma subjetiva, Longino (1990, 2002) defende que as normas da ciência também devem contemplar um conjunto de quatro critérios Fóruns, Assimilação, Padrões Públicos e Igualdade Moderada (tradução nossa), que serão apresentados a seguir:

(1) “Fóruns [Venues]: Deve haver locais publicamente reconhecidos para críticas de evidências, métodos, suposições e raciocínio.” (LONGINO, 2002, p. 129, tradução nossa). Segundo tal critério, deveriam ser asseguradas condições igualitárias para a produção de pesquisa e a produção de crítica, ou seja, a crítica à pesquisa deve ocorrer nos mesmos padrões e espaços destinados a divulgação da pesquisa, como, por exemplo, em “jornais, conferências e outros” (LONGINO, 2002, p. 129, tradução nossa). Além disso, o reconhecimento dado a atividades críticas deveria ser semelhante ao recebido por pesquisas “originais”, uma vez que esse tipo de atividade não apenas conduziria a uma reavaliação das hipóteses, mas também de suas fundamentações e consequências.

(2) “Assimilação [Uptake]: Deve haver a assimilação a crítica” (LONGINO, 2002, p. 129, tradução nossa). Tal assimilação deve ir além de uma mera tolerância ao dissenso, é preciso que a comunidade seja sensível ao discurso crítico, de forma que, ao longo do tempo, esse discurso provoque mudanças nas teorias e crenças internas dessa comunidade. “A assimilação é o que torna a crítica uma parte de uma prática de construção e justificação.” (LONGINO, 2002, p. 130, tradução nossa).

(3) “Padrões Públicos [Public Standards]: Deve haver padrões de referência publicamente reconhecidos, que sirvam tanto como base para a avaliação de teorias, hipóteses e práticas observacionais quanto para servir como ponto fixo para comunidade de pesquisa, sobre o qual se estabelecem críticas relevantes” (LONGINO, 2002, p. 130, tradução nossa). Em outras palavras, tal requisito tem por princípio a necessidade de que exista um corpo de conhecimentos que esteja bem estabelecido e seja amplamente conhecido por uma comunidade. Tal corpo de conhecimentos, além de poder ser usado para sustentar e avaliar a produção de novos conhecimentos, também funciona como elemento de referência, que ao ser constantemente avaliado, permitirá que se acumulem questionamentos e discordâncias a seu respeito. Tais padrões de referência seriam sofrerem mudanças no decorrer do tempo por serem sensíveis ao discurso crítico, ou seja, esse corpo de conhecimento de referência sofreria transformações provocadas pelas críticas e contribuições.

(4) “Igualdade Moderada [Tempered Equality]: Comunidades devem ser caracterizadas por igualdade na autoridade intelectual” (LONGINO, 2002, p. 131, tradução nossa). Esse requisito está fundamentado na necessidade de existir uma diversidade de perspectivas para que tenhamos um discurso crítico. A determinação de quais perspectivas devem ou não ser levadas em consideração não deve estar atrelada à posição social ou às condições econômicas de um indivíduo ou grupo. A moderação da igualdade deve ocorrer quando um dos participantes da comunidade deixa de seguir o critério da assimilação, ou seja, as considerações de um determinado participante deixam de ter o mesmo valor quando este persiste repetidamente com o mesmo ponto de vista sem considerar as críticas ou outras respostas já apresentadas.

Com isso, os quatro critérios apresentados seriam responsáveis pela manutenção de condições ideais para a atuação de uma comunidade crítica. Como vimos na teoria apresentada por Longino, denominada empirismo contextual, é a comunidade crítica que, além de atribuir o caráter social à construção do conhecimento, garante à ciência seu aspecto objetivo.

Nas palavras de Page²⁰ (2007 apud REISS; SPRENGER, 2017), para epistemólogos sociais, dentre estes Longino, o que garantiria a objetividade do empreendimento científico não estaria nos produtos da ciência ou em seus métodos, mas residiria justamente na manutenção das condições necessárias para que muitas vozes sejam ouvidas.

De acordo com Wray (1999), Longino desenvolveu uma epistemologia social viável, ao oferecer um caminho alternativo ao impasse estabelecido entre positivistas e holistas. Tal embate tinha, por um lado, positivistas que acreditavam que a ligação entre as observações e o estabelecimento de conhecimento ocorreria sintaticamente, isto é, sem intermédio de premissas valorativas, o que levaria a crer que os conhecimentos, por si só, seriam objetivos. Por outro lado, estavam os holistas que, cientes da natureza social da ciência, defendiam que as escolhas de teorias necessárias para nortear as observações já consistiam em decisões valorativas e que, conseqüentemente, haveria uma subjetividade intrínseca no conhecimento produzido.

Pelo exposto, percebemos que a epistemologia apresentada por Longino traz para uma posição privilegiada do empreendimento científico o papel das práticas sociais da comunidade científica. Ademais, em relação às normas sociais da ciência elencadas, notamos a necessidade de valorizar igualmente proposição e crítica, pois ambas são responsáveis pela dinamicidade do conhecimento científico. Também vimos que é justamente o aspecto social das comunidades críticas que garante a objetividade do conhecimento científico.

2.4 Estudos de Bases Epistemológicas para a Análise da Sala de Aula

Justamente em face das contribuições da filosofia da ciência e da sociologia da ciência aqui apresentadas, que explicitaram a profunda relação entre fazer científico e seus aspectos sociais, pesquisadores da educação, como Sandoval (2001), Kelly e Duschl (2002), entre tantos outros já citados, destacaram a necessidade de que essa compreensão mais ampla sobre a ciência fosse considerada ao pensarmos no ensino de ciências.

Sob a influência dessas abordagens sociais da ciência e, em especial, dos trabalhos de Longino²¹ sobre as comunidades científicas e de Knorr-Cetina (1981) sobre as práticas produtoras de conhecimento, Kelly (2008) apresenta o conceito que denominou “práticas epistêmicas”. Estas seriam “as formas específicas que membros de uma comunidade

²⁰ PAGE, S. **The Difference**: how the power of diversity creates better groups, firms, schools, and societies, Princeton, NJ: Princeton University Press, 2007.

²¹ Obras discutidas na seção 2.1.

propõem, justificam, avaliam e legitimam proposições de conhecimento dentro de um contexto disciplinar” (KELLY, 2008, p. 99, tradução nossa).

A nosso ver, no contexto científico, podemos perceber práticas sociais em diversas instâncias como, por exemplo, no estabelecimento de diretrizes de financiamento das agências de fomento às pesquisas, nos critérios de aceitação dos corpos editoriais e nos processos de reconhecimento científico das comunidades de pesquisa.

Para a área de educação, Kelly (2011) pondera que as abordagens epistemológicas para o ensino de ciências tinham uma tendência em se focar em uma perspectiva de epistemologia pessoal, havendo poucos estudos que se dedicassem a examinar de que formas os conhecimentos disciplinares eram estabelecidos interativamente a partir do discurso e ações de caráter local. O conceito de práticas desloca a epistemologia de um viés individual para uma visão de sujeito coletivo que, no caso, seria cada comunidade epistêmica.

De forma semelhante, Duschl e Jiménez-Aleixandre (2012) corroboram esse discurso ao pontuarem que essa mudança de foco, dos sujeitos individuais para um sujeito epistêmico social, mostrava-se necessária em função das contribuições advindas dos estudos de enfoque filosófico (HABERMAS²², 1981; THAGARD²³, 2007) e, em especial, daqueles que apresentavam novas concepções a respeito do papel social na produção e legitimação do conhecimento científico (LONGINO, 1990).

Para Duschl e Jiménez-Aleixandre (2012), o caráter social da ciência teria sido apresentado por Longino²⁴ (2008) sob duas perspectivas. Na primeira, esse caráter social estaria associado ao próprio fazer científico que é coletivo. Esse fazer social possuiria tanto uma dimensão colaborativa, que ocorre em grupos de trabalho, quanto uma dimensão competitiva, que ocorre em uma escala mais ampla do trabalho científico, na qual há a competição por reconhecimento e financiamento. Na segunda perspectiva, o caráter social estaria relacionado ao conhecimento produzido, uma vez que este se legitima pela avaliação dos pares, dentro de uma comunidade científica.

Além de apresentar as práticas epistêmicas, Kelly (2011) destaca a importância de que pesquisas educacionais que adotem uma perspectiva epistemológica levem em consideração o caráter local da epistemologia, isto é, que as formas pelas quais o conhecimento é construído

²² HABERMAS, J. **The Theory of Communicative Action**. Boston, MA: Beacon Press. Herrenkohl, 1981.

²³ THAGARD, P. Coherence, Truth, and the Development of Scientific Knowledge. **Philosophy of Science**, v. 74, p. 28–47, 2007.

²⁴ LONGINO, H. E. Philosophical Issues and Next Steps for Research. In: DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Eds.). **Teaching Scientific Inquiry: recommendations for research and implementation**. Rotterdam, the Netherlands: Sense, 2008. p. 134-137.

dentro de uma comunidade são peculiares àquela comunidade em particular. Dito isso, muitas das características das práticas epistêmicas em sala de aula serão próprias desses locais e devem ser estabelecidas pelas mesmas.

Silva (2008) acrescenta que, ao deslocarmos essa perspectiva social da produção do conhecimento da ciência profissional para a ciência escolar, os aspectos epistêmicos devem ser considerados não só em relação à aquisição de conceitos, de procedimentos experimentais e de atitudes por parte do aluno, mas também para permitir uma melhor compreensão da própria natureza da ciência, auxiliando na construção de uma imagem de ciência composta por práticas situadas socialmente.

Quadro 4

Práticas Epistêmicas: Práticas sociais da ciência escolar		
Práticas epistêmicas		Práticas epistêmicas (específicas)
Práticas sociais da ciência	Produção	Monitorando o progresso Executando estratégias orientadas por planos ou objetivos Usando conceitos para planejar e executar ações Articulando conhecimento técnico na execução de ações Construindo significados Considerando diferentes fontes de dados Construindo dados
	Comunicação	Interpretar e construir as representações Produzir relações Relacionando/traduzindo diferentes linguagens: observacional, representacional e teórica Transformando dados Seguindo o processo: questões, planos, evidência e conclusões Apresentando suas próprias ideias e enfatizando aspectos cruciais Negociando explicações
	Avaliação	Coordenar teoria e evidência (argumentação) Contrastar as conclusões (próprias ou alheias) com as evidências (avaliar a plausibilidade) Distinguindo conclusões de evidências Utilizando dados para avaliação de teorias Utilizando conceitos para interpretação dos dados Contemplando os mesmos dados de diferentes pontos de vista Recorrendo à consistência com outros conhecimentos Justificando as próprias conclusões Criticando declarações de outros Usando conceitos para configurar anomalias

FONTE: Adaptado de Jiménez-Aleixandre e colaboradores (2008), citados por Silva (2008).

Como resultado dessa perspectiva, surge na comunidade de pesquisadores do ensino de ciências (SANDOVAL, 2005; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; REIGOSA, 2006; SILVA, 2008; MORTIMER; ARAÚJO, 2014) a necessidade de investigar os aspectos sociais

associados às formas com que o conhecimento se estabelece no contexto escolar, ou seja, uma epistemologia social da sala de aula. Nesse intuito, Jiménez-Aleixandre e colaboradores (2008 apud SILVA, 2008) desenvolveram, para o contexto escolar, o sistema de categorias analíticas apresentado no Quadro 4, acima. Essas categorias, por corresponderem às práticas de natureza social apresentadas por Kelly (2008) para a ciência, também foram denominadas “práticas epistêmicas”.

Se, por um lado, foram realizadas pesquisas que visavam conhecer os tipos de práticas sociais que os alunos tinham ao participarem dos processos de produção, comunicação e avaliação do conhecimento, por outro, também surgiu na comunidade de pesquisadores o interesse em conhecer qual o papel do professor na promoção de tais práticas. Como exemplo de pesquisa nessa perspectiva, citamos o trabalho de Lidar, Lundquist e Östman (2006). Nesse trabalho os autores definem como *movimentos epistemológicos* “as formas pelas quais os professores dão aos estudantes direções sobre ‘o que conta’ como conhecimento e como formas apropriadas para adquiri-lo dentro de uma prática social específica” (LIDAR; LUNDQUIVIST; ÖSTMAN, 2006, p. 149, tradução nossa). Abaixo, as categorias desses autores são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5

Movimentos epistemológicos apresentados por Lidar, Lundquist e Östman (2006)	
Movimento epistemológico	Descrição
Confirmando	Confirma que os alunos estão reconhecendo o fenômeno e o evento correto, ou confirma que os estudantes estão fazendo um experimento válido, concordando com o que os alunos dizem ou fazem
Reconstruindo	Faz com que os alunos prestem atenção aos "fatos" que já foram notados, mas que não foram percebidos como válidos, que são importantes para reconhecer e registrar
Instrucional	Dá aos alunos uma instrução direta e concreta sobre como agir para ser capaz de ver aquilo que deve ser notado. Em outras palavras, “o que os alunos precisam fazer” para encontrar a solução
Generativo	Para permitir aos alunos gerar explicações, o professor resume “o que” no experimento são fatos importantes a prestar atenção
Reorientando	Assinala que outras propriedades merecem ser investigadas. Isso demanda aos estudantes tomarem outra direção, diferente daquela na qual haviam iniciado

FONTE: Lidar, Lundquist e Östman (2006, p. 159, tradução nossa).

Por sua vez, tanto Silva (2008) quanto Valle (2014), a partir de análises *in situ* de aulas e visando aprimorar as categorias analíticas voltadas à compreensão da prática docente

elaboradas por Lidar, Lundquist e Östman (2006), identificaram e apresentaram novos halls de categorias que denominaram movimentos epistêmicos. Tais movimentos epistêmicos representariam as estratégias utilizadas pelo professor para desenvolver nos alunos as práticas epistêmicas de sala de aula. Apresentaremos no Quadro 6, abaixo, um panorama comparativo em que constam as diferentes categorias de movimentos dos professores apresentados por esses autores.

Quadro 6

Movimentos dos professores: Comparativo entre autores		
Lidar, Lundquist e Östman (2006)	Silva (2008)	Valle (2014)
Confirmando Reconstruindo Instrucional Generativo Reorientando	Generalização Definição Explicação Descrição Classificação Comparação Analogia Cálculo Exemplificação	Elaboração Reelaboração Instrução Confirmação Correção Síntese

FONTE: Lidar, Lundquist e Östman (2006, tradução nossa), Silva (2008) e Valle (2014).

Segundo Christodoulou e Osborne (2014), uma mudança de perspectiva onde a ciência deixa de ser entendida somente como composta por conhecimento e passa a ser vista também como composta por práticas, trouxe para um plano privilegiado práticas como a explicação, argumentação, modelagem e comunicação. Segundo tais autores, para que os estudantes de ciências possam se engajar em práticas semelhantes às apresentadas, é preciso que o discurso de sala de aula seja promovido com o foco na argumentação. Também Sandoval e Morrison (2003) reforçam essa ideia ao defender que, além de se engajarem em atividades investigativas, os estudantes precisam ser providos de oportunidades de participarem do discurso epistêmico.

Como vimos em Latour e Woolgar (1997), o discurso assume papel epistêmico fundamental no processo social de construção dos fatos científicos. Concordando com essa importância, Driver, Newton e Osborne (2000) ressaltam que práticas centrais da ciência, como a verificação de alternativas, a avaliação de evidências e a construção de justificativas, estão ancoradas em processos argumentativos. Para Christodoulou e Osborne (2012, p. 8, tradução nossa), “a argumentação, que pode ser vista como uma forma de discurso epistêmico, seria fundamental para o desenvolvimento da compreensão epistemológica dos

alunos”. Ainda para Christodoulou e Osborne (2012), uma abordagem instrucional que tenha foco na argumentação pode promover o desenvolvimento do discurso epistêmico em sala de aula.

Tendo em vista a importância dessa dimensão discursiva e o fato da argumentação ter sido elencada como um dos objetivos das aulas investigativas em análise, nos dedicaremos adiante a conhecer ferramentas analíticas desenvolvidas e adotadas por outras pesquisas que tinham por intuito compreender a dimensão discursiva dos processos investigativos de sala de aula.

Nessa direção, merece destaque o trabalho de Simon, Erduran e Osborne (2006), no qual foram apresentadas metas epistêmicas a serem alcançadas para promover a argumentação. Este sistema de categorias possibilita classificar as ações do professor em função de diversos elementos relacionados com a construção de argumentos, conforme podemos ver no Quadro 7.

Quadro 7

Metas epistêmicas de Simon, Erduran e Osborne (2006)	
Processo de argumentação	Códigos para facilitação do professor
Falando e escutando	Encoraja a discussão Encoraja a audição
Conhecendo o significado do argumento	Define argumento Exemplifica argumentos
Posicionando-se	Encoraja ideias Encoraja posicionamento Valoriza diferentes posicionamentos
Justificando-se com evidências	Verifica evidências Fornecer evidências Solicita justificativa Enfatiza a justificativa Encoraja justificativas adicionais Faz-se de advogado do diabo
Construindo argumentos	Usa materiais previamente preparados (textos, formulários ou projeções) Encoraja a avaliação
Contra-argumentando / debatendo	Avalia argumentos Processo - usa evidências Conteúdo - natureza da evidência Encoraja a antecipação a contra-argumentos Encoraja o debate (por meio do jogo de papéis)
Refletindo sobre o argumento	Encoraja a reflexão Pergunta sobre mudança de opiniões

FONTE: Simon, Erduran e Osborne (2006, p. 248, tradução nossa).

Ainda valorizando o papel fundamental exercido pelas interações discursivas em sala de aula e visando evidenciar o papel do docente no Ensino por Investigação, Sasseron (2013, p. 7) apresenta “propósitos e ações epistemológicos do professor para promover

argumentação”. Entendemos que esse elenco de propósitos e as respectivas ações, além de comportarem a construção de argumentos de base científica, dialogam diretamente com os elementos metodológicos presentes em uma investigação. No Quadro 8, a seguir, veremos a relação entre os propósitos do professor e suas ações.

Quadro 8

Propósitos e ações epistemológicas do professor	
Propósitos Epistemológicos	Ações Epistemológicas
Retomada de ideias	Referência a ideias previamente trabalhadas e/ou experiências prévias dos alunos
Proposição de problema	Problematização de uma situação
Teste de ideias	Reconhecimento e teste de hipóteses
Delimitação de condições	Descrição, nomeação e caracterização do fenômeno e/ou de objetos
Reconhecimento de variáveis	Delimitação e explicitação de variáveis
Correlação de variáveis	Construção de relação entre variáveis, construção de explicações
Avaliação de ideias	Estabelecimento de justificativas e refutações

FONTE: Adaptado de Sasseron (2013, p. 46).

Sasseron (2013, p. 46), de forma a complementar os propósitos e ações epistemológicas, apresenta os “propósitos e ações pedagógicas do professor para promover a argumentação” que dizem respeito aos cuidados de caráter pedagógico necessários para propiciar um ambiente adequado para o favorecimento da argumentação. Apresentamos abaixo o Quadro 9 que estabelece relação entre os propósitos e ações pedagógicas de Sasseron (2013).

Quadro 9

Propósitos e ações pedagógicas do professor (SASSERON, 2013)	
Propósitos Pedagógicos	Ações Pedagógicas
Planejamento da atividade	Definição dos objetivos, organização de materiais necessários e preparação do cronograma
Organização para a atividade	Divisão de grupos e/ou tarefas, organização do espaço, distribuição de materiais, limite de tempo
Ações disciplinares	Proposição clara das atividades e das ações a serem realizadas, atenção ao trabalho dos alunos, ações disciplinares
Motivação	Estímulo à participação, acolhida das ideias dos alunos

FONTE: Adaptado de Sasseron (2013, p. 46).

2.5 Comunidades Epistêmicas e a Sala de Aula

Vimos até o momento que estudos da sociologia e da filosofia da ciência evidenciaram a centralidade de aspectos sociais no empreendimento científico. Tal natureza social tanto estaria presente nas negociações do que contaria como regras, práticas e pesquisas válidas, quanto participaria na própria produção do conhecimento. Podemos dizer que tais estudos contribuíram de duas formas para a pesquisa em ensino de ciências, por um lado, por suas perspectivas metodológicas (derivadas da antropologia) oferecerem uma compreensão distinta da prática escolar e, por outro, pela possibilidade de se estabelecerem relações entre a ciência, com suas comunidades de práticas científicas profissionais, e a sala de aula, quando entendida como comunidade de prática científica escolar.

Sobre a ideia de pensarmos a sala de aula como uma comunidade epistêmica, Stroupe (2014) apresenta que, recentemente no contexto dos EUA, diretrizes como o Next Generation Science Standards (NGSS) expandem as expectativas de aprendizagem dos alunos em direção a aprenderem ciência-como-prática [science-as-practice, tradução nossa]. Isso significa “que estudantes, adicionalmente a aprenderem conceitos e métodos, deveriam se tornar legítimos participantes das dimensões social, epistêmica e material da ciência” (STROUPE, 2014, p. 488, tradução nossa).

No presente trabalho, pretendemos adotar uma perspectiva que favorece a compreensão da sala de aula como comunidade epistêmica²⁵. Tal compreensão apresenta diversos requisitos, alguns deles relacionados com o status do conhecimento trabalhado e outros com os papéis desenvolvidos por professores e alunos. Em relação ao status do conhecimento trabalhado, mostra-se necessário um deslocamento de atividades que trabalhem exclusivamente com conhecimentos historicamente acumulados e consolidados para atividades que, adicionalmente, trabalhem com conhecimentos em estabelecimento, favorecendo a participação em processos de proposição, justificação e avaliação, visando à legitimação do conhecimento, e constituindo, dessa forma, uma comunidade epistêmica.

Já em relação aos papéis desenvolvidos por professor e alunos durante as aulas, as mudanças mostram-se desafios respeitáveis. Devido a seu papel institucional, o professor é reconhecido dentro de sala de aula como autoridade didática, isto é, como competente e responsável por propor e conduzir as atividades de acordo com seus objetivos didáticos.

²⁵ Usamos “comunidade epistêmica” como forma abreviada de “comunidade de práticas que produzem e legitimam socialmente conhecimento”.

Adicionalmente, segundo Berland e Hammer (2012), ainda associado a seu papel institucional, há o reconhecimento do professor como autoridade epistêmica, ou seja, como competente e responsável por legitimar proposições de conhecimento.

No ensino conservador, embora proposições de conhecimento sejam feitas por professor e alunos, o status epistêmico das propostas desses autores é distinto. Quando o professor realiza determinada proposição, esta detém previamente o status de conhecimento válido, ou seja, já é uma proposição legitimada. Tal legitimação ocorre implicitamente, pela suposição de que o autor, como autoridade epistêmica, já tenha avaliado positivamente sua proposição. Entretanto, quando é o aluno o proponente, o status epistêmico da proposição é diferente. Suas proposições, a fim de serem reconhecidas como conhecimento, precisam ser legitimadas por uma autoridade epistêmica. Embora professor e alunos possam realizar e avaliar proposições, desses dois autores, apenas o professor é reconhecido como detentor de autoridade epistêmica suficiente para legitimar o conhecimento a partir de suas avaliações.

Temos que essa diferença de autoridade como membro legitimador, desbalanceada em favor da figura do professor, ocorra principalmente em função de o professor ser reconhecido pelos alunos como representante ou detentor privilegiado do conhecimento historicamente acumulado e validado pela ciência. Como resultado desse processo, a ação avaliativa do professor sofreria um processo de impessoalização, como se a avaliação fosse realizada diretamente pela comunidade científica. Com isso, no ensino conservador, estabelece-se por meio do hábito que o único conhecimento legítimo seria somente aquele apresentado ou validado pelo professor ou por um material didático.

Como contraposição a esse ensino conservador e para definir seu entendimento de ensino de ciência-como-prática, Stroupe (2014) apresenta o conceito de ensino ambicioso. Sob tal perspectiva, os estudantes também exerceriam o papel de agentes epistêmicos, ou seja, deveriam ser entendidos como participantes legítimos de uma comunidade. A fim de se estabelecer estas comunidades, entre outros aspectos, seria preciso que o professor, por meio de seus movimentos discursivos, ao invés de caracterizar a ciência como um empreendimento privado, como o faz no ensino conservador quando qualifica o conhecimento como “certo” e “errado”, sinalizasse favoravelmente para que os alunos trabalhem com ideias, configurando a ciência como um empreendimento público.

De forma semelhante, Engle e Conant (2002) já apresentavam que os estudantes, ao invés de serem consumidores de conhecimento, deveriam se relacionar com o conhecimento na posição de autores e produtores, ou seja, deveriam ser agentes com papéis ativos na identificação e resolução dos problemas. Destacam ainda que, a fim de permitir investigações

produtivas e aprofundadas, as situações de ensino não devem se fundar em problemas com respostas simples ou únicas, é preciso que o papel do aluno vá muito além de atingir a resposta que seria validada pelo professor.

Por sua vez, fazendo referência às normas sociais da ciência de Longino, Kelly (2008) defende que o professor modere sua autoridade epistêmica, permitindo que o conhecimento seja abordado de uma forma diferente e que os estudantes desenvolvam responsabilidade, confiança e os objetivos cognitivos da ciência. Argumenta que a autoridade epistêmica em sala de aula deve ser compartilhada entre professores e alunos para se estabelecer uma comunidade de práticas epistêmicas.

Adotando a perspectiva do ensino ambicioso, vimos que o planejamento de atividades e os movimentos discursivos do professor durante as aulas devem cooperar a fim de constituir uma mudança epistêmica no status do conhecimento de sala de aula e nos papéis desempenhados pelos agentes dessa comunidade. Assim, as atividades devem ser elaboradas e conduzidas de forma a explorar um conhecimento ainda em estabelecimento, bem como desenvolver a agência epistêmica dos alunos (KELLY, 2008; STROUPE, 2014; ERIKSSON; LINDBERG, 2016), isto é, a capacidade de agir dos alunos em um contexto de resolução de problemas. Tais elementos são fundamentais para constituir-se em sala de aula uma comunidade de práticas epistêmicas de natureza social, ou “comunidade epistêmica”, como doravante denominada.

2.6 Discurso de Sala de Aula, Discurso Epistêmico e Agência Epistêmica

Na seção anterior, introduzimos o conceito de agência epistêmica e defendemos que o entendimento da sala de aula como comunidade epistêmica depende do desenvolvimento das formas de seus membros em relação ao desenvolvimento de conhecimento. Apresentaremos nessa seção o conceito de discurso e as formas que este poderá nos auxiliar na compreensão da relação entre as ações do professor e a constituição da agência epistêmica.

Neste trabalho, concordamos com Cazden (1991) quando esta defende a análise do discurso de sala de aula como ferramenta central para a compreensão do que ali ocorre. Esse elevado valor para a área de pesquisa em ensino de ciências se justifica à medida que o discurso representa uma das principais formas de manifestação dos componentes dessa comunidade (professor e alunos) que podem ser compreendidas e registradas por um observador externo, como também representa um dos principais meios pelos quais tais membros interagem.

Adotamos, para o presente estudo, o entendimento de discurso como a linguagem em uso. Essa proposição, feita por Gee (2010), toma por base que a linguagem somente assume sentido quando usada em práticas sociais, ou seja, quando contextualizada. Dessa forma, mesmo que conhecêssemos todos os significados de cada palavra de uma determinada frase, a compreensão completa dessa frase somente estaria à nossa disposição se soubéssemos seu contexto e, mais especificadamente, o que o falante está tentando fazer e quem ele está tentando ser ao realizar aquele discurso.

Por sua vez, uma prática social, ou atividade, como também denominada por Gee (2010), é definida como “um esforço socialmente reconhecido e institucionalmente ou culturalmente suportado que usualmente envolve sequenciar ou combinar ações de forma específica” (GEE, 2010, p. 17). Dentro dessa perspectiva, haveria uma profunda relação entre os discursos e as práticas, uma vez que as práticas seriam manifestadas e constituídas socialmente a partir do discurso e que o próprio discurso somente existe dentro de determinada prática.

Para Gee (2010) essa relação entre o discurso e as práticas decorre da linguagem assumir três funções: a primeira, mais imediata, seria a de informar (dizer algo), a segunda seria a de fazer (realizar algo) e, por fim, a terceira seria a de ser (constituir algo). Ou seja, a linguagem, quando em uso, não somente disponibilizaria informações, mas também exerceria a função de ação dentro de determinada prática, além de atuar na constituição da identidade dos participantes dessa prática.

A fim de ilustrar as três funções atribuídas por Gee (2010) para o discurso, suponha a situação hipotética em que você é avisado por um indivíduo desconhecido de que havia derrubado sua carteira e que esse aviso tenha, de fato, prevenido que perdesse sua carteira. Mesmo que tenhamos aqui, propositadamente, omitido as exatas palavras proferidas pelo indivíduo desconhecido, impossibilitando qualquer análise sintática ou morfológica de sua fala, ainda podemos supor que o discurso cumpriu suas três funções. De imediato, o discurso informou, ou seja, disse algo, uma vez que você ficou sabendo que havia derrubado a carteira. Adicionalmente, o discurso é ação, à medida que modifica a situação e impede a perda de seu bem. Por fim, o mesmo discurso estabelece identidade, conforme, no decorrer da situação, você passou a atribuir qualidades a um indivíduo que até há instantes era um completo desconhecido.

A partir das considerações de Gee (2010), ao estabelecer nosso entendimento de discurso e as funções que o discurso assume, e de Cazden (1991), ao destacar o papel do discurso para a sala de aula, iremos agora delimitar dois vieses que o discurso de sala de aula

assume, um associado a aspectos didáticos e outro relacionado com aspectos epistêmicos. Pelo aspecto didático, é justamente por meio do discurso que o professor, em qualquer momento da aula, exerce sua função e autoridade didática. Assim, podemos dizer que o discurso didático é aquele pelo qual se apresenta e negocia aquilo que espera para a atividade, se monitora e avalia o desenvolvimento da atividade e do aprendizado, e se negocia a participação e organização dos alunos durante a aula. Já em relação ao aspecto epistêmico, é por meio do discurso que, em sala de aula, conhecimentos são produzidos e negociados. É na forma de discurso que proposições de conhecimento são elaboradas, justificadas e qualificadas, a fim de se legitimarem pelos membros e serem reconhecidas como conhecimentos.

Ainda sobre o discurso epistêmico, defendemos que o mesmo seja central para que se estabeleça em sala de aula uma comunidade de práticas sociais produtora de conhecimento. Esta importância se dá por entendermos que o discurso epistêmico atue sobre tais tipos de comunidade em três níveis distintos, que denominamos níveis de atuação do discurso epistêmico.

O primeiro nível diz respeito ao que denominaremos elaboração de uma proposição de conhecimento. Nesse nível o discurso seria responsável pela construção colaborativa de proposições de conhecimento, ou seja, estaria associado à construção social de ideias. Por meio deste nível, os participantes do discurso relacionariam dados e evidências a pressupostos conceituais, possibilitando a elaboração de uma proposição de conhecimento, seja essa uma hipótese ou conclusão.

Já no segundo nível, o discurso epistêmico seria o responsável pela negociação necessária para o estabelecimento de conhecimento. Por estabelecimento de conhecimento entendemos que seja todo o processo de negociação necessário para que conhecimentos sejam conhecidos como tal. Assim, seria por este nível que se dariam as práticas epistêmicas, ou seja, nesse nível o discurso seria responsável pela apresentação de uma proposição de conhecimento, por sua justificação para a comunidade e pela avaliação dessa proposição realizada pela comunidade.

Por sua vez, no último nível de atuação, o discurso epistêmico seria responsável por construir socialmente as identidades e as formas de agir dos membros das comunidades, portanto seria por meio desse discurso que seria estabelecida a agência epistêmica. Podemos entender a agência epistêmica como a capacidade dos agentes de participarem e regularem as práticas produtoras de conhecimento (práticas epistêmicas). Com isso, compreendemos que o

terceiro nível diz respeito a estabelecer os agentes para atuarem sobre os dois níveis anteriores.

Entendemos que haja uma grande interdependência entre os três níveis apresentados, uma vez que membros dessas comunidades dominam tanto as técnicas e processos envolvidos na elaboração quanto as práticas epistêmicas envolvidas na legitimação dos conhecimentos. Ainda sobre este tema, Ford (2008), ao abordar a dependência de conhecimentos e práticas estabelecidas por uma comunidade para a produção de novos conhecimentos e práticas, exemplifica que os cientistas, enquanto constituintes de uma comunidade, além de serem detentores do conhecimento conceitual de base, sabem como propor e construir conhecimento e como avaliar e criticar essa produção. Além disso, conhecem bem as regras de funcionamento dessas práticas.

Com isso, vimos nessa seção que a constituição de uma comunidade de práticas epistêmicas pode ser compreendida a partir da adoção do discurso epistêmico como elemento central para o estabelecimento de conhecimento, de suas práticas produtoras e da capacidade de agir dos membros dessa comunidade.

2.7 Delimitação Conceitual e Terminológica

Tendo em vista que muitos dos estudos apresentados até o momento apresentaram nomenclaturas de conceitos ou categorias compostas pelos adjetivos epistêmico ou epistemológico, tais adjetivos, embora distintos em significado, foram adotados para situações que, por vezes, mantinham grande proximidade entre si. A fim de apresentar e defender nosso posicionamento sobre essa questão, consideramos pertinente destinar um espaço para esta discussão da questão conceitual e terminológica.

Como alertam Greene, Sandoval e Bräten (2016), nas pesquisas da área de educação tem-se utilizado uma grande variedade de termos (por exemplo: epistêmico, epistemológico, epistemologia, conhecimento, cognição e crenças) para denotar aspectos relacionados ao conhecimento. Entretanto, apesar de tais conceitos ou categorias serem, em maior ou menor grau, definidos em seus trabalhos de origem, nem sempre há uma preocupação clara em distingui-los de termos semelhantes ou de justificar a escolha de nomenclatura.

Sobre tal aspecto, concordamos com Kitchener (2002) quando esta pondera que tais semelhanças terminológicas podem levar a desentendimentos dentro da comunidade de pesquisa, seja por distanciarem pesquisas semelhantes, seja por não separarem

adequadamente objetos de naturezas distintas ou apenas por dificultarem a compreensão dos conceitos.

Para nortear a discussão desses aspectos conceituais e terminológicos, seguiremos o encaminhamento dado por Kitchener (2002) que apontava as seguintes distinções como fundamentais: (1) o epistêmico versus o epistemológico, (2) o cognitivo versus o epistêmico e (3) a perspectiva de primeira pessoa versus a de terceira pessoa.

A diferenciação e a compreensão dos termos epistêmico e epistemológico pode se iniciar pela etimologia desses vocábulos. Desta temos que o termo “epistêmico” é o adjetivo derivado da palavra grega “episteme”, que significa conhecimento verdadeiro ou conhecimento científico. Esse tipo de conhecimento, ao ver da filosofia clássica, seria aquele constituído por crenças ou opiniões que foram acreditadas como verdadeiras e justificadas. Por sua vez, o adjetivo epistemologia traz, adicionalmente, o termo “logia”, derivado da palavra grega “logos” que significa teoria ou estudo. Com isso, epistemologia seria o estudo do conhecimento ou teoria do conhecimento. A área do conhecimento que se dedica a esse tipo de estudo faz parte da Filosofia e é denominada Epistemologia. “Epistemologia: é a ciência da ciência. Filosofia da ciência. É o estudo crítico dos princípios, das hipóteses e dos resultados das diversas ciências. É a teoria do conhecimento” (TESSER, 1995, p. 92).

Cabe aqui salientar que, mesmo dentro da Filosofia acumularam-se historicamente diversas vertentes epistemológicas. Com isso, entendemos que uma concepção de epistêmico somente assume sentido dentro de uma determinada perspectiva epistemológica. Neste trabalho, como vimos anteriormente, adotaremos a epistemologia social (GOLDMAN; BLANCHARD, 2016), defendida por Longino como base para compreendermos os demais termos relativos ao conhecimento. Portanto, nosso entendimento sobre o que diferencia crença de conhecimento diverge parcialmente da proposição clássica apresentada.

Embora Longino (2002) concorde que o conhecimento e as crenças possuem a mesma natureza e que se diferenciam apenas pelo sucesso alcançado, para a autora, essa condição de sucesso não dependeria do status de verdade da crença, mas sim dessa crença satisfazer determinadas condições situacionais de uma comunidade.

Outra possibilidade de distinção entre os adjetivos epistêmico e epistemológico advém de suas definições contemporâneas estabilizadas por dicionários. Dessa possibilidade, segundo as respectivas entradas no dicionário Oxford, temos para epistêmico: “relativo ao conhecimento ou ao grau de sua validação” (OXFORD, 2010, p. 590, tradução nossa) e para epistemológico: “relativo à teoria do conhecimento, especialmente em relação a seus métodos, validade e abrangência e a distinção entre opinião e crença justificada” (OXFORD, 2010, p.

590, tradução nossa). Assim, vemos que os adjetivos diferenciam-se em relação ao objeto que dizem respeito, epistêmico dizendo respeito ao conhecimento e a sua validação em si e epistemológico dizendo respeito à teoria do conhecimento e a seus critérios para a diferenciação entre opinião e conhecimento.

Outro encaminhamento para esta distinção é o apresentado por Kitchener (2002) quando esta propõe que uma diferenciação entre os adjetivos epistêmico e epistemológico pode ser feita a partir de uma perspectiva de níveis. Nessa proposição, o termo epistêmico nos remete ao nível relativo aos eventos ocorridos na produção de conhecimento (nível mais baixo). Já o adjetivo epistemológico se refere ao estudo cujo objeto de análise é o nível epistêmico, ou seja, o termo epistemológico estaria associado a um segundo nível já que diz respeito a uma produção de conhecimento sobre um nível inferior.

Adicionalmente, Kitchener (2002) adverte que, caso uma diferenciação entre níveis não seja levada em consideração ao definir os conceitos, uma leitura inadvertida poderia levar os leitores a um desentendimento a respeito da natureza do conceito nomeado. Em pesquisas educacionais, a falta dessa distinção poderia colocar em dúvida se o conceito dizia respeito ao primeiro nível (conhecimento apresentado pelo aluno) ou ao segundo nível (a teoria do conhecimento apresentada pelo aluno), ou ainda, a um terceiro nível (a teoria do aluno sobre as teorias do conhecimento). Cada um desses níveis poderia estar associado ao epistêmico, ao epistemológico, e ao meta-epistemológico, respectivamente.

Entretanto, alguns autores apresentam ressalvas ao adotar o adjetivo epistemológico para caracterizar perspectivas dos alunos sobre o conhecimento. Para tais autores, o termo traria certo desconforto por se referir à Epistemologia como ciência do conhecimento. Obviamente, a intenção de adoção desse adjetivo em determinadas pesquisas educacionais não se dá pela proximidade da prática dos alunos com aquilo que é realizado pela Epistemologia, ou seja, não há a pretensão de dizer que os alunos desenvolvam um estudo filosófico sistemático sobre o conhecimento científico. O uso do adjetivo se daria apenas por se tratar de perspectivas do aluno sobre o conhecimento ou sua produção.

Como exemplo de adoção desse termo e correlatos, podemos citar o conceito de “Epistemologia pessoal”, adotado por Hofer e Pintrich (1997) para denominar uma estrutura conceitual sobre as concepções dos estudantes acerca do conhecimento, isto é, suas “crenças epistemológicas”, que evoluiriam de uma visão mais ingênua para uma visão mais sofisticada no decorrer do tempo. Dentro dessa concepção, o nível de desenvolvimento dessas crenças epistemológicas dos alunos poderia influenciar o aprendizado, a intensidade de esforço mental e o sucesso acadêmico dos mesmos.

Já em relação aos estudos na área de ensino de ciências, Sandoval (2014) aponta que, mesmo dentre as pesquisas cuja agenda adotava perspectivas derivadas da filosofia e da sociologia da ciência, temos duas linhas de pesquisas de natureza epistemológica. Uma delas, que identificamos aqui como linha A (da qual esta e outras pesquisas já citadas fazem parte), diz respeito a “pesquisas sobre esforços próprios dos estudantes para produzir entendimento científico do mundo através de investigação, modelamento, argumentação, etc.”. A outra, que denominamos linha B, cujos trabalhos não foram citados até o momento, diz respeito a “pesquisas sobre as concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência profissional (NOS)” (SANDOVAL, 2014, p. 383).

Nos estudos que compõem essa outra linha (B), também temos uma variedade de conceitos e categorias que foram adjetivados como epistemológicos para denominarem a compreensão dos alunos a respeito da natureza da ciência. Como exemplos de termos usualmente adotados temos: “crenças” [epistemological beliefs] (SANDOVAL, 2005; GREEN; HOOD, 2013), “concepções” [epistemological conceptions] (SANDOVAL; MORRISON, 2003) ou, ainda, “entendimento” [epistemological understanding] (KUHN; CHENEY; WEINSTOCK, 2000).

Outro exemplo que podemos citar dentro dessa outra linha é o conceito de “Epistemologias Práticas”, apresentado por Sandoval (2005). Dentro dessa concepção haveria uma lacuna evidenciada por diversos estudos entre as expectativas de aprendizagem a respeito do ensino da natureza da ciência e os resultados alcançados a partir das práticas investigativas em sala de aula.

Apesar de Sandoval (2005) reconhecer que as práticas das investigações dos estudantes compartilhem aspectos em comum com as investigações científicas, as crenças epistemológicas sobre a ciência dos estudantes envolvidos nessas atividades permaneceriam ingênuas, segundo o autor. Visando reduzir tais lacunas, Sandoval (2005) propõe que as “Epistemologias Práticas”, que seriam as ideias que os estudantes teriam sobre sua própria construção de conhecimento em aulas investigativas, deveriam ser confrontadas com as epistemologias formais, que seriam as crenças manifestadas dos estudantes a respeito da ciência profissional ou formal.

Por sua vez, pertencendo a uma agenda de pesquisa relacionada à Psicologia, Kitchener (2002) faz uso do termo “epistemologia popular” [folk epistemology], o qual define como: “a teoria do conhecimento ordinária (‘popular’), de senso comum, presente na pessoa média (...) podendo ser considerada como sendo perspectivas não tutoradas a respeito da natureza do conhecimento”. (KITCHENER, 2002, p. 89, tradução nossa). Dentro dessa

perspectiva, a epistemologia popular seria desenvolvida no decorrer das fases de vida até que se atingisse a idade adulta. Outro conceito adotado por Kitchener (1983) que destacamos é o de “Cognição epistêmica”, utilizado para designar as reflexões individuais sobre os limites, as certezas e os critérios do conhecer. Tal termo adquire recente repercussão na área de pesquisa em ensino de ciências ao ser adotado na obra “Handbook of Epistemic Cognition” (GREENE; SANDOVAL; BRÄTEN, 2016).

Kitchener (2002), ao diferenciar o cognitivo do epistêmico, indica que o cognitivo estaria relacionado com uma crença, seria uma representação que um indivíduo faz sobre algo, enquanto que o conhecimento seria aquilo que verdadeiramente se sabe sobre aquele respeito.

Por último, trataremos da importância de se explicitar “qual o ponto de vista adotado” para adjetivar determinado conceito como epistemológico. Ao tratar essa questão, Kitchener (2002) argumenta que algo pode ser epistemológico pela perspectiva do pesquisador (terceira pessoa) ou pela perspectiva do sujeito da pesquisa (primeira pessoa). Como exemplo, certo pesquisador poderia nomear um conceito adjetivando-o como epistemológico por este dizer respeito às formas que um determinado sujeito de pesquisa produz conhecimento, sendo assim, seria epistemológico para o pesquisador. Todavia, outro pesquisador poderia adjetivar determinado conceito como epistemológico por dizer respeito às formas de produção de conhecimento reconhecidas como válidas pelo sujeito da pesquisa, nesse caso, seria epistemológico para o sujeito da pesquisa.

Para ilustrar tal possibilidade, Kitchener (2002) cita o conceito de “crenças epistemológicas” apresentado por Schommer (1990). Nesse exemplo, uma leitura mais descuidada permitiria uma interpretação dúbia, pela qual seria possível entender que o termo se referia a crenças a respeito das teorias do conhecimento (segundo nível), enquanto que, na realidade, o termo dizia respeito a crenças que as pessoas possuem a respeito do conhecimento e sua produção (primeiro nível).

Em face aos elementos ora apresentados, vale destacar que concordamos com Sandoval (2005) em relação aos estudos de ambas as linhas de pesquisa apresentadas nesta agenda poderem ser considerados como estudos de bases epistemológicas por se fundamentarem em contribuições advindas da Filosofia da Ciência (Epistemologia). Entretanto, vale destacar que as naturezas dos objetos estudados nessas linhas são distintas e que, portanto, seria profícua a diferenciação terminológica das proposições teóricas (conceitos e categorias) apresentadas por tais estudos.

A nosso ver, tanto poderiam ser adjetivadas como epistêmicas as proposições que visem compreender e promover a participação do aluno na produção do conhecimento, como também, em vista da difusão já alcançada pelo termo na agenda, serem adjetivadas como epistemológicas aquelas cujas proposições digam respeito a teorias do conhecimento formalmente estabelecidas ou aquelas em estabelecimento, sejam elas individuais ou coletivas.

Dessa forma, tendo em vista a perspectiva do estabelecimento de comunidades de práticas epistêmicas que orienta este trabalho, para as discussões ou proposições teóricas consequentes adotaremos o adjetivo epistêmico para dizer respeito a tudo aquilo que ocorra ao nível do estabelecimento do conhecimento, ou seja, que envolva sua proposição, justificação, avaliação e legitimação a partir das práticas epistêmicas. Por sua vez, tomaremos o termo epistemológico para dizer respeito a teorias do conhecimento, independentemente de seus graus de formalização.

3 METODOLOGIA

Este capítulo é destinado à delimitação das etapas realizadas neste trabalho para a obtenção de dados e sua posterior análise, de forma a contextualizar e justificar os métodos empregados, reforçar sua relevância na produção do ferramental analítico e sua importância no desenvolvimento deste estudo.

3.1 Caracterização da Pesquisa e Procedimentos de Registro

Quanto aos aspectos metodológicos da pesquisa científica, o presente trabalho constitui-se uma pesquisa de natureza social de abordagem qualitativa que faz uso da estratégia estudo de caso. Esta última, segundo Yin (1989), consiste em uma “inquirição empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, quando a fronteira entre o fenômeno e o contexto não é claramente evidente e onde múltiplas fontes de evidência são utilizadas” (YIN, 1989, p. 23). Tal caracterização mostra-se especialmente adequada para nossos fins, uma vez que nossa unidade de análise, “as relações entre professor e aluno durante a implementação de uma SEI”, é dotada de aspectos que somente se evidenciam na própria prática.

O processo de composição da amostra foi resultado de uma escolha deliberada, que ocorreu em função de avistarmos a oportunidade de estudar um caso de especial interesse para nosso grupo de pesquisa: a implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa por um professor que detinha domínio tanto do conteúdo conceitual específico daquela SEI, quanto da abordagem metodológica por ela adotada, uma vez que foi o idealizador da mesma.

Para a coleta de dados, esta pesquisa fez uso de três instrumentos: documentos escritos (material estruturado instrucional da SEI), entrevistas realizadas com o professor antes e após cada aula gravada e registro das aulas feito em vídeo. A adoção desses três distintos documentos permite a validação do constructo por meio do processo de triangulação de fontes, no qual as informações provenientes de fontes de evidências distintas permitem um olhar mais abrangente e consistente para a pesquisa (DENZIN; LINCOLN, 2006).

A cada uma das aulas acompanhadas eram realizadas duas entrevistas com o professor, a primeira era realizada previamente ao horário da aula, durante o período destinado à preparação pedagógica, e a segunda logo após o encerramento da aula. Quanto ao local, as entrevistas foram realizadas na própria sala de aula ou em sala reservada quando a primeira estava indisponível. O registro das entrevistas foi feito em áudio com a adoção de

dois gravadores digitais, para que um fosse backup do outro, que ficaram posicionados sobre uma mesa entre o entrevistador e o entrevistado.

Quanto à temática das perguntas, as entrevistas realizadas antes de cada encontro buscavam que o professor discorresse a respeito dos seguintes assuntos: o que planejava fazer no encontro; quais os principais conteúdos trabalhados; como pretendia trabalhar as discussões em pequeno e grande grupo; e se havia alguma modificação no planejamento em relação ao previsto no material da SEI. Por sua vez, nas entrevistas realizadas após as aulas era solicitado ao professor que comentasse sobre: qual sua impressão geral sobre a aula, quais diferenças ocorreram em relação ao planejado, quais as razões para essas diferenças, como haviam sido as discussões em grupo e quais mudanças planejava para a aula seguinte.

As entrevistas realizadas com o professor são do tipo semiestruturada e o roteiro de cada entrevista foi elaborado e discutido previamente junto ao grupo de pesquisa. Os roteiros das diversas entrevistas possuíam grande semelhança entre si, sendo compostos por um corpo principal de perguntas, abordando características do planejamento. Além desse corpo principal de perguntas, quando se identificava alguma especificidade na atividade prevista, perguntas adicionais eram elaboradas.

Para o registro das aulas optamos pela captura em vídeo. Como equipamento de registro adotamos duas câmeras digitais de mão compactas que registraram áudio e vídeo em alta qualidade (HD). Em relação à operação e posicionamento dessas câmeras, a primeira ficou situada na parte frontal da sala de aula, voltada para seu interior de forma a captar a maior porção de grupos de alunos possível. Essa câmera permanecia estática durante as gravações, efetuando seu registro sem um operador permanente. Por sua vez, a segunda câmera foi operada pelo pesquisador e este se deslocava pela sala procurando enquadrar prioritariamente o professor em suas interações com os alunos. Na câmera móvel, foi acoplado um microfone do tipo direcional, a fim de que fosse reduzida a captação dos ruídos oriundos de fora da zona de interesse.

Para o processo de transcrição, buscou-se a fidedignidade nas falas, mantendo eventuais erros e coloquialismos. Quanto à grafia da transcrição, adotamos o sistema de padronização para transcrição oral proposta pelo projeto REDIP (Rede de Difusão Internacional do Português) por ser um dos sistemas que mais se aproxima da linguagem escrita usual (RAMILO; FREITAS, 2001). Com isso, adotamos os seguintes sinais da linguagem escrita: vírgula, ponto final, ponto de exclamação e ponto de interrogação. Também foi utilizado o sinal de reticências para indicar todas as pausas e reconstruções

frasais típicas da linguagem oral que usualmente não são representadas textualmente por vírgulas.

Adicionalmente à padronização REDIP, fizemos uso do código “{inaudível}” para representar falas que puderam ser percebidas, mas que não foram transcritas por não serem compreendidas, e do código “{...}” para indicar a omissão na transcrição de trechos de falas que não diziam respeito à atividade, como, por exemplo, conversas particulares do professor com aqueles que o procuravam na porta da sala.

Não foram transcritas as leituras de textos e as falas do vídeo exibido, pois os mesmos podem ser encontrados na íntegra em Lopes (2013). Também foram registradas na transcrição as pausas preenchidas (sons feitos entre as palavras, como ehh, ahh, mmh).

Abaixo, o Quadro 10 apresenta os códigos adotados para a transcrição das aulas.

Quadro 10

Códigos adotados para a transcrição	
Símbolo	Descrição
,	Pausa sintática breve
.	Pausa sintática longa
...	Outras pausas (interrupções e reformulações)
?	Indica oração interrogativa
!	Indica exclamação
{inaudível}	Trecho não compreendido
{...}	Supressão de transcrição

FONTE: Adaptado de Ramilo e Freitas (2001).

O texto da transcrição foi segmentado em turnos, de forma que cada turno começava com o início da fala de um dos interlocutores e acabava quando outro interlocutor tomava a palavra ou quando ocorria um longo intervalo de tempo entre duas falas de um mesmo interlocutor. Esta última possibilidade permitiu que, por vezes, ocorressem turnos consecutivos de um mesmo falante. Tais escolhas foram feitas com o intuito de priorizar o processo de análise, uma vez que uma unidade de fala reduzida implica em uma menor quantidade de acontecimentos em cada turno. Por sua vez, esse menor número de eventos por turno faz com que seja menor a quantidade de códigos/categorias em um único turno, tornando mais preciso o processo de categorização qualitativa [Qualitative Coding, tradução nossa].

Com base nos turnos, toda a transcrição das falas foi tabulada para que cada turno estivesse acompanhado por: o instante de tempo em que se inicia a fala, o número sequencial de identificação do turno, o pseudônimo de identificação do falante e um campo para registros de notas do transcritor e observações de campo. Este último mostrava-se necessário para

permitir o registro de detalhes percebidos nas imagens de vídeo gravação e que poderiam ser importantes para a compreensão das situações durante a leitura da transcrição. Nessas observações constam, por exemplo, tipos diversos de informações, como: quem era o interlocutor daquela fala (“com quem se falava”); a respeito de quem ou o quê se falava (“sobre quem”); se houve comunicação gestual significativa; se alguma ação significativa ocorria além da fala; entre outros.

Conforme inicialmente apresentado, tínhamos a oportunidade de registrarmos as aulas em que ocorreria a implementação de uma SEI, cujo ministrante seria o próprio elaborador da SEI proposta. Tal oportunidade surgiu em decorrência da iniciativa de Lopes, professor sujeito dessa pesquisa e autor da SEI. Este negociou junto à direção da escola em que atuava e obteve autorização para a adoção de uma proposta inovadora em sala de aula.

Na seção seguinte apresentaremos informações a respeito dos elementos contextuais dessa pesquisa, como a escola, as aulas em que a proposta foi aplicada, a composição da turma, entre outros. Acreditamos que tais elementos contextuais sejam fundamentais para uma adequada compreensão das situações que ocorrem em sala de aula.

3.2 Caracterização da Escola e seus Componentes

A escola em que as aulas foram registradas é uma unidade da Rede Estadual de Ensino de São Paulo localizada na cidade de Itatiba. Esta cidade pertencente à Região Metropolitana de Campinas, situada ao noroeste da Capital do Estado e que dista cerca de 80 quilômetros da mesma. A escola está situada em um bairro que, embora oficialmente denominado Dr. Luiz de Mattos Pimenta, é conhecido como CECAP, por ter se constituído predominantemente por habitações populares construídas pela Companhia Estadual de Casas Populares (CECAP). A escola apresenta grande relevância para a comunidade, uma vez que é a única da região a oferecer o Ensino Médio nas modalidades Regular e EJA.

Em virtude do processo de formação do bairro, pelo qual o oferecimento de moradias populares provocou a migração de famílias provenientes de outras regiões, a escola atende a uma comunidade marcada por uma intensa diversidade cultural. As ocupações das famílias desses alunos também são variadas, usualmente relacionadas com a indústria, comércio, lavoura ou empregos de caráter temporário (SÃO PAULO, 2011).

Quanto à sua estrutura, a escola dispõe de 15 salas de aula, dois laboratórios, uma sala de Educação Artística, uma sala de Informática, uma sala de Vídeo, uma Biblioteca, uma quadra poliesportiva coberta, um pátio coberto, jardim interno e externo, espaço para horta e

uma padaria artesanal, cozinha e depósitos. Além desses espaços, a escola conta com as seguintes salas: Diretoria, Vice-diretoria, Secretaria, Professores, Informática para professores, Inspetores, Grêmio Estudantil, Educação Física e Zeladoria.

A escola mostra-se diferenciada à medida que é uma das 16 escolas participantes do projeto piloto da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, denominado Programa Ensino Integral ou “Novo Modelo de Escola de Ensino Integral”. Esse projeto teve início em 2012 e teria como objetivo: “Propiciar a formação de indivíduos autônomos, solidários e produtivos, com conhecimentos, valores e competências dirigidas ao pleno desenvolvimento da pessoa humana e seu preparo para o exercício da cidadania” (SÃO PAULO, 2013, artigo1º).

A fim de atingir a seus objetivos, o projeto prevê o ensino em tempo integral, ampliando a jornada do aluno na escola de menos de cinco horas diárias para até nove horas e meia. Tal mudança deve ser acompanhada de alterações curriculares, metodológicas e nas formas de gestão escolar. Assim, foram necessárias mudanças estruturais, como a implantação do Regime de Dedicção Integral do docente, que ampliava a jornada de trabalho do professor para 40 horas semanais, e possibilitava uma remuneração diferenciada (SÃO PAULO, 2012).

O projeto foi delineado com base em quatro princípios educativos fundamentais: Educação Interdimensional; Pedagogia da Presença; os Quatro Pilares da Educação para o Século XXI; e o Protagonismo Juvenil. Segundo Fodra (2015), as escolas participantes do projeto apresentam matriz curricular que as diferencia das demais da rede estadual ao oferecer Orientação de Estudos, Disciplinas Eletivas, Clubes Juvenis, Preparação Acadêmica, Preparação para o Mundo do Trabalho e construção do Projeto de Vida.

Nesse modelo de escola, além das disciplinas obrigatórias, os estudantes contam com disciplinas eletivas. Este tipo de disciplina ocupa papel central no projeto pedagógico dessas escolas. As disciplinas eletivas são organizadas e oferecidas semestralmente e visam à ampliação do universo cultural do estudante. Além disso, por adotarem o princípio do protagonismo juvenil, permite-se que os próprios alunos, de acordo com seu projeto de vida e interesse, escolham qual disciplina eletiva gostariam de participar naquele semestre. Outra característica das disciplinas eletivas é que, em uma mesma turma, participam alunos dos diversos anos/séries (1º, 2º, e 3º) do Ensino Médio, possibilitando o agrupamento de alunos por interesse e favorecendo a integração e a troca de experiências entre os alunos. Em virtude desse público multisseriado, contando com alunos de qualquer um dos três anos do Ensino Médio, as disciplinas eletivas iniciavam com uma fase de adaptação, que consistia em aulas

preparatórias, visando permitir que o professor pudesse conhecer os alunos e prepará-los para as atividades a serem desenvolvidas.

A implementação da SEI investigada nesse trabalho ocorreu justamente no formato de uma disciplina eletiva. Para tanto, o professor obteve a aprovação da equipe gestora para criação da disciplina eletiva denominada “E o elétron, é onda ou partícula?”, na qual seria desenvolvida a SEI homônima, contida no trabalho de Lopes (2013). Essa disciplina eletiva dispunha de 12 semanas e contava com uma carga horária semanal de duas aulas de 50 minutos cada. Essas duas aulas ocorriam de forma consecutiva em um único dia da semana, configurando o que denominaremos “aula dupla”. Com isso, a implementação ocorreu às terças-feiras, nas duas primeiras aulas do segundo turno (das 12h55min às 14h35min) por um período de nove semanas, durante o primeiro semestre de 2015. No decorrer dessa pesquisa, em virtude de nessas aulas duplas se reunirem professor, alunos e pesquisador, iremos denominar tais eventos pelo termo “encontro”.

Em relação à composição da jornada de trabalho semanal do professor, além de dispor do horário das duas aulas que seria utilizado para a aplicação da disciplina eletiva, o professor ainda dispunha de uma aula adicional, destinada ao planejamento e preparação semanal da disciplina eletiva. Enquanto que as aulas destinadas à implementação estavam alocadas imediatamente após o almoço, essa aula de preparação estava alocada na última aula antes do horário de almoço, no mesmo dia da semana em que ocorria a disciplina eletiva.

Quanto à estruturação das disciplinas eletivas, esse tipo de disciplina contava com uma fase introdutória de preparação que se destinava à adaptação/nivelamento dos alunos, que ocorria dentro dos horários destinados à disciplina nas primeiras três semanas (seis aulas). Nessa fase introdutória, na disciplina em que coletamos os dados, o professor trabalhou conceitos teóricos básicos do conteúdo de Mecânica e também fez uso de experimentos demonstrativos diversos.

Em relação aos preparativos da coleta de dados, o pesquisador em campo aproveitou a fase de preparação prévia para se familiarizar com a escola, conhecendo tanto a estrutura física da escola, seus usos, horários e organização, quanto conhecendo a equipe escolar (gestores, professores e demais funcionários) e suas rotinas. Ainda durante a fase introdutória, o pesquisador também teve a oportunidade de ser apresentado aos alunos e expor a estes os motivos pelos quais passaria a acompanhar e registrar as aulas das próximas nove semanas. Tal fase também foi aproveitada para desenvolver os procedimentos metodológicos de filmagem, escolhendo e testando os equipamentos e os posicionamentos dos equipamentos de filmagem, inclusive em situações reais de aula. Além disso, essa fase introdutória teve grande

importância para a pesquisa à medida que permitiu que os participantes da pesquisa (aluno e professor) se habituassem à presença do pesquisador e ao processo de filmagem, reduzindo a influência dos mesmos no andamento normal das aulas e no comportamento de seus integrantes durante as semanas seguintes.

3.3 Caracterização do Material Instrucional da SEI

A Sequência de Ensino Investigativa implementada, que gerou os dados para esse trabalho, é intitulada “E o elétron? É onda ou é partícula? - uma proposta para promover a ocorrência da alfabetização científica de física moderna e contemporânea em estudantes do ensino médio”. Essa SEI compõe a dissertação de mestrado de Lopes (2013), apresentada e defendida no Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.

No trabalho de Lopes (2013), que denominaremos a partir de agora de material instrucional, além de conter instruções propriamente ditas, com materiais e atividades a serem desenvolvidas, possui uma parte com orientações destinadas a professores que adotem esse material instrucional, bem como as justificativas teóricas e bases conceituais adotadas como referência para seu desenvolvimento e seus propósitos didáticos.

Quadro 11

Estrutura da SEI		
Bloco	Segmento	Atividades realizadas
Estudando Partículas	1º	Base: Atividade experimental - Futebol de dedos Discussão: Generalizando partículas!
	2º	Base: Atividade experimental - O Tubo de Raios Catódicos Discussão: Raios Catódicos são Partículas?
	3º	Base: Leitura de Texto - Entrevista com J.J. Thomson Discussão: Aspectos Históricos
Estudando Ondas	4º	Base: Atividade experimental - Futebol de régua Discussão: Generalizando Ondas!
	5º	Base: Atividade experimental - Os anéis de G.P. Thomson Discussão: Os Raios Catódicos são Ondas?
	6º	Base: Leitura de Texto - Entrevista com G.P. Thomson Discussão: Aspectos Históricos
Física Quântica	7º	Base: Exibição de Vídeo - A experiência de Tonomura Discussão: E o elétron?
	8º	Base: Leitura de Texto - Entrevista com Tonomura Discussão: O que vemos, o que imaginamos?
	9º	Base: Leitura de Texto - Interpretações da Física Quântica Discussão: Complementaridade, Dualidade, Partícula ou Onda?

FONTE: Lopes (2013).

Quanto à sua organização, a SEI está estruturada em três blocos temáticos denominados: “Estudando Partículas”, “Estudando Ondas” e “Física Quântica” (como observado no Quadro 11, acima). Cada um desses blocos é constituído por três partes, denominadas no presente trabalho pelo termo “segmentos”²⁶. Como cada um dos nove segmentos havia sido planejado para que sua aplicação tivesse duração de uma aula, a SEI demandava um total de, no mínimo, nove aulas para sua completa implementação. Tendo em vista o surgimento da oportunidade de implementá-la no formato de disciplina eletiva, foi colocada à disposição uma quantidade de aulas que superava largamente essa extensão mínima. Assim, o professor optou por fazer com que cada segmento tivesse uma duração de duas aulas, à exceção do Oitavo Encontro, no qual se realizou dois segmentos, um por aula, como veremos mais adiante.

A estrutura da SEI foi elaborada de maneira que cada um dos segmentos contivesse dois momentos distintos: um primeiro momento, no qual seria desenvolvida uma atividade base, que poderia ser a leitura de um texto, a visualização de um vídeo ou a realização de um experimento, e um segundo momento, que consistiria em uma discussão coletiva sobre o tema trabalhado no primeiro momento. Essa discussão, promovida pelo professor, tinha como expectativa resultar em algum tipo de produção de material ou registro.

Quanto ao conteúdo dos blocos da SEI, o primeiro procura desenvolver no aluno a compreensão do elétron como partícula. Para tanto, trabalha inicialmente as características do que seria uma partícula e, em seguida, evidencia que o elétron apresenta tais características. O segundo bloco cumpre uma função similar, só que agora abordando a perspectiva ondulatória. Da mesma forma, desenvolve as características do que seria uma onda e, posteriormente, observa que o elétron apresenta tais características.

A organização interna desses dois primeiros blocos segue um mesmo padrão. No primeiro segmento de cada bloco ocorria uma atividade experimental de caráter lúdico, que fazia uso de equipamentos construídos a partir de materiais de fácil acesso. Essas primeiras atividades tinham o intuito de apresentar: o que seria uma partícula, por meio da atividade denominada “Futebol de dedos” (primeiro bloco); e o que seria uma onda, por meio da atividade “Futebol de régua” (segundo bloco). No segundo segmento desses blocos são desenvolvidas atividades experimentais com o uso de um Difrator de Elétrons. Esses

²⁶ No trabalho original de Lopes (2013), ao invés de segmento, cada uma das partes de um bloco recebia a denominação “encontro”, uma vez que o material previa o desenvolvimento de uma parte por aula. Entretanto, com a implementação em forma de disciplina eletiva, tivemos aulas duplas, em que se desenvolveram duas dessas partes e, em outras, apenas uma, com isso, consideramos que a manutenção do termo “encontro” para denominar cada uma das partes seria inadequada para este trabalho.

experimentos permitiam reconhecer no elétron as características trabalhadas no segmento que os antecedia, sendo observado um fenômeno sem difração no primeiro bloco e no segundo um fenômeno que já apresentava características de difração. Enfim, no terceiro segmento desses blocos, ocorria uma leitura de uma entrevista fictícia, elaborada com trechos de textos históricos que apresentavam aspectos do trabalho de cientistas que constataram a natureza do elétron como sendo partícula (J.J. Thomson - Bloco 1) ou onda (G.P. Thomson - Bloco 2).

Por sua vez, o terceiro bloco procura explorar essa aparente contradição na natureza do elétron que, conforme apresentado nas atividades do primeiro bloco, ora apresentava características de partícula e, conforme apresentado nas atividades do segundo bloco, ora apresentava características de onda. Esse terceiro e último bloco segue uma estrutura semelhante aos dois anteriores, porém seu primeiro segmento, ao invés da adoção de um experimento real, utiliza um vídeo (DOUBLE-SLIT, 1989), produzido pela equipe de Akira Tonomura²⁷, por meio do qual se pretende evidenciar que, em um único experimento, o elétron pode manifestar características de onda e partícula, concomitantemente. O segundo segmento desse bloco acontece com base na leitura de uma entrevista²⁸, também fictícia, com Tonomura, na qual são abordadas características da pesquisa e da interpretação fenomenológicas. Nesses segmentos, solicita-se que o aluno construa seu posicionamento a respeito da natureza do elétron, levando em consideração as evidências obtidas até aquele momento. E então, no último segmento, acontece a leitura de um texto em que são apresentadas categorias de interpretações possíveis para a natureza do elétron.

3.4 Recorte Temporal da Amostra

Uma vez realizada a implementação, acompanhada do processo de registro das aulas e das entrevistas, mostrava-se necessária a realização de um recorte temporal na amostra, a fim de compatibilizar o tempo disponível para a produção deste trabalho com o elevado volume de análise de dados demandado pela análise do discurso de sala de aula. Para isso se fez necessário determinarmos qual seria o momento ideal da implementação para ser recortado e qual seria a duração ideal desse recorte. Entendemos que a realização de um recorte temporal para a análise deva considerar dois aspectos: que o recorte represente uma unidade, de forma

²⁷ Akira Tonomura (1942-2012) foi um cientista japonês que, conjuntamente com sua equipe na Hitachi, aperfeiçoou a microscopia eletrônica por holografia para observar a interferência de elétrons no experimento de dupla fenda.

²⁸ Disponível na íntegra no Anexo A.

que possa se caracterizar nela começo, meio e fim, e que sua extensão seja suficiente para que em seu conteúdo exista uma quantidade de eventos significativos que permitam a compreensão do fenômeno observado.

Para a unidade temporal de recorte, consideramos que os próprios encontros seriam a unidade mais apropriada, por duas perspectivas. Pela primeira, cada encontro constituía uma unidade temporal social dos participantes da pesquisa (professor e alunos), uma vez que a rotina do tempo escolar fazia com que os participantes se organizassem de acordo com o início e término das aulas duplas. A segunda perspectiva deriva da primeira, uma vez que cada encontro também determinava a unidade de organização do pesquisador, visto que os registros de vídeos eram contínuos nessas duas aulas e que as entrevistas somente podiam ser realizadas antes do início e após o término das aulas duplas. Ainda pela perspectiva do pesquisador, o encontro também se mostrava como unidade de recorte temporal ideal para a análise por este corresponder com as unidades da estrutura planejada da SEI, uma vez que em cada encontro o professor buscava desenvolver um ou dois segmentos por completo, facilitando a delimitação de quais propósitos apresentados no material instrucional seriam desenvolvidos naquele encontro.

Já para a escolha de qual seria a unidade temporal analisada, procurou-se determinar qual momento da implementação que ofereceria situações favoráveis à análise do discurso de sala de aula. A identificação desse encontro se deu tanto a partir de uma análise prévia dos registros de vídeo quanto pela análise do material instrucional. Nessa busca, percebemos que esse período seria o início do terceiro bloco, uma vez que os estudantes, durante os dois primeiros blocos, já teriam adquirido elementos suficientes para posicionar-se quanto a aparente incongruência da natureza do elétron. As duas aulas que representaram esse período ocorreram na oitava semana da SEI e receberam o nome de Oitavo Encontro. Nesse encontro foram trabalhados os conteúdos respectivos ao sétimo e oitavo segmentos do material instrucional da SEI, ou seja, os dois primeiros segmentos do terceiro bloco.

Com isso, ainda que tenhamos realizado uma análise preliminar de todos os encontros, nossos maiores esforços estarão centrados no registro em vídeo e entrevistas desse Oitavo Encontro. Vale ressaltar que, caso necessário, serão feitas referências a fatos ocorridos em outros segmentos da SEI.

3.5 Estratégia de Análise

Embora a análise e o desenvolvimento da ferramenta analítica tenham se dado no decorrer de praticamente toda a pesquisa, mostrando-se um processo repleto de proposições e reformulações, a fim de favorecer a compreensão por parte do leitor, apresentaremos o processo de análise de forma linear e distribuída em torno de quatro etapas principais.

A primeira etapa visa compreender tanto as concepções teóricas sobre a proposta de ensino, quanto os propósitos gerais que a mesma tem para as aulas. Consideramos que tais elementos nos permitam uma compreensão mais contextualizada das práticas do docente. Como, no caso em estudo, o professor em análise também foi o próprio autor da proposta implementada, tomamos como ponto de partida que seus propósitos e concepções teóricas durante a implementação da SEI sejam semelhantes àqueles adotados durante sua elaboração. Com isso, realizaremos uma análise do material instrucional em busca de identificar e conhecer seus propósitos gerais e os pressupostos teóricos que sustentaram sua elaboração. Entretanto, como entendemos que a prática apresente natureza situacional, isto é, que se dá também em função de seu contexto, contaremos também com a análise das entrevistas realizadas com o professor antes e após a aula em busca de mudanças relativas às bases conceituais e propósitos da SEI. Ainda nessa primeira etapa, levando em consideração, por um lado, as bases conceituais e propósitos da SEI e, por outro, as discussões teóricas que havíamos apresentado no referencial teórico-metodológico desse estudo, realizaremos o desenvolvimento e a proposição de uma ferramenta teórico-analítica a ser adotada nos demais momentos de análise desse trabalho.

A segunda etapa de análise, além de nos oferecer um panorama geral a respeito da implementação, visa compreender a participação do professor na implementação da SEI em relação aos elementos teóricos do sistema analítico proposto. Com esse intuito, realizamos a transcrição do encontro selecionado, de aproximadamente 80 minutos de duração, que resultou em 420 turnos de fala. A transcrição, após sua tabulação, foi subdividida em sete partes, que denominamos “atos”.

A delimitação do que constituiria um ato se deu em função dos momentos característicos das atividades desenvolvidas por professor e alunos. De forma adicional a essa divisão, o sexto ato foi subdividido em cinco episódios. Apesar da duração (17 minutos) desse ato ser intermediária em relação aos demais, sua quantidade de turnos de fala (189 turnos) superava, em muito, os demais, indicando a necessidade de subdivisões em episódios.

Quadro 12

Atos - denominações e durações						
Ato	Denominação	Tempo	Duração	Intervalo	Turnos	
I	Abertura	00:00:00 - 00:07:06	7 min	T1 - T22	21	
II	Vídeo Tonomura	00:07:06 - 00:23:51	17 min	T23 - T103	100	
III	Vídeo Dr. Quantum	00:23:51 - 00:43:23	20 min	T104 - T127	113	
IV	Entrevista Tonomura	00:43:23 - 00:58:16	15 min	T128 - T190	62	
V	Proposição da atividade	00:58:16 - 01:00:36	2 min	T191 - T215	24	
VI	Discussões em grupo	01:00:36 - 01:14:53	14 min	T216 - T405	189	
VII	Finalização	01:14:53 - 01:20:28	6 min	T406 - T420	14	

FONTE: Próprio autor.

O Quadro 12, acima, sintetiza a organização das transcrições. A transcrição completa do Oitavo Encontro se encontra no apêndice A, mas a fim de facilitar a compreensão da análise das interações discursivas de sala de aula, intercalaremos as discussões sobre as aulas com quadros contendo o respectivo trecho (“recorte”) da transcrição ao qual a discussão faz referência. Todos os quadros de transcrição conterão a indicação do número de seus turnos iniciais e finais, de forma a permitir que sejam situados em relação à transcrição completa. Cada turno estará acompanhado de uma indicação do número do turno de fala e do codinome do falante, de acordo com o exemplo abaixo (Quadro 13).

Quadro 13 - Exemplo de quadro de transcrição [Transcrição: Ato I - Recorte A (T1 : T3)]

Turno <Falante>: Transcrição
T1 <Prof>: Pessoal, boa tarde... boa tarde. Quero todos voltados para cá
T2 <André>: E o elétron, é onda ou partícula?
T3 <Prof>: Edu! [Prof. solicita a atenção do aluno]

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Por sua vez, a terceira etapa tem início por uma análise do material instrucional e das entrevistas com o professor, com o intuito de identificar os objetivos específicos apresentados para as aulas analisadas e compreendê-los em relação ao sistema analítico desenvolvido.

Para enfim, na quarta etapa, verificar o papel efetivo que cada objetivo desempenhou em relação à estrutura da implementação da SEI e identificar de quais formas as práticas do professor favorecem o desenvolvimento desses objetivos.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

No presente capítulo iremos apresentar as quatro etapas que constituem nosso processo de análise. Na primeira etapa, buscaremos mostrar de que forma o desenvolvimento da ferramenta analítica se deu a partir dos alicerces teóricos e pressupostos da proposta investigativa. Por sua vez, na segunda etapa, iremos identificar e interpretar os objetivos apresentados para as aulas analisadas. Já na terceira etapa, faremos uma análise longitudinal da transcrição da aula em visando obter um panorama geral da mesma, já identificando o desenvolvimento de objetivos e a ocorrência de nossas categorias de análise. Por fim, na quarta e última etapa de análise, procuraremos estabelecer as relações entre os objetivos estabelecidos para o professor e de que formas a participação do mesmo no discurso de sala de aula colabora na obtenção desses objetivos.

4.1 Primeira Etapa de Análise - dos alicerces teóricos e propósitos da SEI ao delineamento da ferramenta analítica

Para esta primeira etapa, buscaremos identificar e compreender tanto os conhecimentos sobre os quais a elaboração da SEI se alicerçou quanto os propósitos gerais que esta pretendia desenvolver. Nessa direção, realizamos uma análise do material instrucional da SEI (LOPES, 2013), abrangendo as partes que continham as proposições de atividades e as partes que continham considerações conceituais a respeito de sua elaboração.

No decorrer da análise dos alicerces teóricos e dos propósitos da SEI iremos compo e apresentando o sistema analítico proposto por este estudo. Como veremos, nosso sistema analítico será composto por três dimensões de análise, sendo que uma dessas dimensões será dotada de categorias. Pretendemos que esse sistema analítico nos auxilie em nosso problema de pesquisa que é o de compreender de que formas a participação do docente no discurso epistêmico colabora perseguição dos objetivos da SEI.

4.1.1 Constituindo a primeira dimensão analítica: Dimensão dos Conteúdos

De uma análise do material instrucional, identificamos que a SEI tinha como principal propósito a promoção da AC e que, para tanto, o desenvolvimento da argumentação em sala de aula seria um processo fundamental. “Nossa intenção é promover a alfabetização científica através do processo de argumentação entre alunos e entre professor e alunos” (LOPES, 2013,

p. 17). A argumentação, além de ser apresentada como o processo responsável pela promoção da Alfabetização Científica em sala de aula, também é apresentada como um dos requisitos para um indivíduo alfabetizado cientificamente.

[...] uma pessoa que tenha alfabetização científica é aquela que possa construir suas argumentações com bases sólidas em ideias e conceitos científicos. Suas opiniões são frequentemente fundamentadas em dados e garantias estruturadas na ciência, de forma que em debates e discussões com seus pares possa colocar-se de forma clara e concisa (LOPES, 2013, p. 35).

Além disso, ao apresentar as concepções conceituais que permitiram a elaboração da SEI, Lopes (2013) manifesta que sua compreensão de AC está em concordância com as ideias representadas pelos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica (SASSERON; CARVALHO, 2008). Para o mesmo, o processo de AC se dá conjuntamente com o desenvolvimento das habilidades representadas pelos Indicadores de Alfabetização Científica (SASSERON, 2008).

Da análise das considerações apresentadas em Lopes (2013), podemos compreender que esses dois conjuntos de elementos (Eixos Estruturantes e Indicadores de Alfabetização Científica) representam um elenco de aspectos a serem desenvolvidos durante o processo de AC e, dessa forma, constituem propósitos intermediários em relação à meta da promoção da mesma. Desse entendimento, elencamos no Quadro 14 os Eixos Estruturantes e os Indicadores de AC como parte dos propósitos gerais da SEI.

Quadro 14

Eixos Estruturantes e Indicadores de Alfabetização Científica	
Eixos Estruturantes	
e1	Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais
e2	Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática
e3	Entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente
Indicadores de Alfabetização Científica	
i1	Seriação de informações
i2	Organização de informações
i3	Classificação de informações
i4	Levantamento de hipóteses
i5	Teste de hipóteses
i6	Justificativa
i7	Previsão
i8	Explicação

FONTE: Sasseron (2008).

A partir dessa gama de conteúdos apresentados pelos Eixos Estruturantes e Indicadores de Alfabetização Científica, estamos propondo a construção de uma dimensão analítica que compreenda a natureza dos conteúdos envolvidos no processo de AC. Essa dimensão, denominada Dimensão dos Conteúdos, é composta por um conjunto de três categorias que apresentaremos a seguir.

A primeira categoria dessa dimensão, Conceitos da Ciência (C-Con), diz respeito ao ensino dos construtos teóricos (como os principais conceitos, modelos) produzidos e acumulados historicamente pela ciência. O desenvolvimento dessa categoria foi feito de forma que esta contemplasse o primeiro dos três eixos de AC propostos por Sasseron e Carvalho (2008), que seria relativo à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais.

Já a segunda categoria, a das Técnicas da Ciência (C-Tec), diz respeito ao aprendizado das diversas técnicas constituintes do processo de investigação científica. Com isso, ela envolve o aprendizado das técnicas relacionadas com: o trabalho com dados (coleta e organização de dados em tabelas, criação e interpretação de gráficos e tratamento estatístico dos dados); o trabalho com hipóteses (desenvolvimento e teste); e o trabalho com relações causais e proposições (estabelecimento de relações, justificativas e explicações). O desenvolvimento dessa categoria foi realizado de forma a contemplar os Indicadores de Alfabetização Científica de Sasseron (2008).

Por último, a terceira categoria dessa dimensão, a da Natureza e Inter-relações da Ciência (C-NIC), diz respeito ao conhecimento de características mais gerais, tanto a respeito do empreendimento científico, como suas formas de funcionamento, de organização, de financiamento e suas mudanças históricas, quanto suas múltiplas relações com a Tecnologia, com a Sociedade e com o Meio Ambiente. Esta categoria teve seu desenvolvimento baseado no segundo eixo, “compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática” e no terceiro eixo, “entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente” dos três eixos estruturantes para a AC de Sasseron e Carvalho (2008, p. 335).

Com isso, a perspectiva de análise oferecida pela Dimensão dos Conteúdos, organizada de forma a abranger os diversos conteúdos estabelecidos historicamente pela ciência (Conceitos e Técnicas) e sobre a ciência (Natureza e Inter-relações da Ciência), nos permitirá identificar nas situações de sala de aula o desenvolvimento de conteúdos relacionados com a AC e, portanto, com a principal meta dessa SEI.

4.1.2 Constituindo a segunda dimensão analítica: Dimensão Didática

Ainda nas discussões teóricas que acompanham as atividades propostas no material instrucional, identificamos que a elaboração da SEI também se alicerçou sobre mais dois grupos de elementos: os Pontos Fundamentais para o planejamento de SEIs (CARVALHO, 2011, p. 255) e os Aspectos Importantes para o planejamento da atividade e direcionamento do professor em uma SEI (CARVALHO, 2011, p. 257), apresentados no Quadro 15, a seguir.

Quadro 15

Pontos Fundamentais e Aspectos Importantes de uma SEI	
Pontos Fundamentais	
c1	A participação ativa do aluno
c2	A importância da interação aluno-aluno
c3	O papel do professor como elaborador de questões
c4	A criação de um ambiente encorajador
c5	O ensino a partir do conhecimento que o aluno traz para a sala de aula
c6	O conteúdo (o problema) tem que ser significativo para o aluno
c7	A relação Ciência, Tecnologia e Sociedade
c8	A passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica
Aspectos Importantes	
c9	Da importância de um problema para o início da construção do conhecimento
c10	Da ação manipulativa para a ação intelectual
c11	A importância da tomada de consciência de seus atos para a construção do conhecimento
c12	As diferentes etapas das explicações científicas [valorização das etapas intermediárias]

FONTE: Carvalho (2011).

Da análise desses construtos teóricos, concluímos que os Pontos Fundamentais e os Aspectos Importantes constituem uma variedade de elementos pensados de forma a nortear a elaboração de uma SEI. Embora sejam igualmente importantes para o desenvolvimento desse tipo de material investigativo, temos que esses dois conjuntos apresentam características distintas, à medida que, enquanto os Aspectos Importantes trazem elementos conceituais para nortear o planejamento de atividades, os Pontos Fundamentais apresentam elementos estruturais que devem estar presentes nas atividades.

Temos o entendimento de que tais conjuntos, além de serem basilares na elaboração da atividade, também precisam ser levados em consideração para a implementação de uma SEI, a fim de que sejam respeitados seus pressupostos e propósitos. Com isso, adotaremos tais conjuntos de elementos como base para o delineamento de nossa segunda perspectiva de análise, a Dimensão Didática Estrutural.

A Dimensão Didática Estrutural, doravante denominada apenas Dimensão Didática, visa compreender a participação do professor no desenvolvimento da estrutura da atividade, ou seja, de que forma ele fornece os elementos estruturantes necessários para o estabelecimento e desenvolvimento da atividade proposta. Tal dimensão é composta pelas seguintes categorias:

Contexto e Subsídio (D-C&S) - Abrange as interações discursivas nas quais o professor desenvolve contexto ou subsídio para a atividade principal. O desenvolvimento de contexto pode se dar para situar a atividade ou os conteúdos. Quanto a situar a atividade em relação às demais, o desenvolvimento do contexto pode se dar pelo estabelecimento de relações entre aquilo que será realizado naquela aula com outros momentos do curso. Já em relação a situar os conteúdos, esta ocorre quando o professor procura ilustrar a importância social, econômica ou científica daquele conteúdo ou de que formas aquele conteúdo se relaciona com os demais. Já em relação a desenvolver subsídio, esta categoria diz respeito aos momentos em que o professor colabora fornecendo elementos necessários para o desenvolvimento de determinada atividade. Quanto à natureza desses elementos, eles podem pertencer a qualquer uma das três categorias da Dimensão dos Conteúdos, ou seja, pode ser fornecido, por exemplo, um dado, um conceito, uma técnica, ou uma característica da ciência.

Gestão da Participação e da Organização (D-GPO) - Essa categoria abrange os momentos em que o professor realiza interações que visem gerir a participação e a organização dos alunos. Aqui estão incluídas ações que visem orientar os alunos sobre a organização física da sala, a disposição dos alunos na mesma, a forma de participação esperada, o uso dos materiais, entre outros.

Proposição da Atividade (D-PA) - Essa categoria abrange os momentos em que o docente estipula aquilo que espera que seja realizado na atividade. Nessa categoria estarão os momentos em que o professor fornece instruções aos alunos sobre o que devem fazer, de que forma devem fazê-lo, de que forma serão avaliados e quais os objetivos da atividade.

Colaboração no Desenvolvimento da Atividade (D-CDA) - Essa categoria diz respeito aos momentos que o professor colabora no desenvolvimento das atividades propostas na categoria anterior. Tal colaboração com o desenvolvimento contempla os auxílios que o professor oferece aos alunos para que estes consigam resolver a atividade ou se manter em um caminho adequado para fazê-la.

O desenvolvimento dessa dimensão de análise tomou por base o trabalho de Sasseron (2013), no qual foram apresentadas categorias analíticas que permitiam a compreensão da dimensão pedagógica das ações do professor²⁹. Partindo dessa ideia, redesenhamos os “propósitos e ações pedagógicos” a fim de um melhor alinhamento com as demais dimensões de análise.

4.1.3 Constituindo a terceira dimensão analítica: Dimensão Epistêmica

Ainda da análise dos elementos presentes nos Pontos Fundamentais e nos Aspectos Importantes (Quadro 15), podemos perceber que estes, além de representarem elementos estruturais para elaboração e implementação da SEI, também trazem de forma implícita expectativas de aprendizagem. Entretanto, como veremos mais adiante, tais expectativas trazem características distintas daquelas que constituíram a Dimensão dos Conteúdos, indicando que para sua adequada compreensão fosse desenvolvida uma última dimensão analítica.

Conforme havíamos apresentado, dentro de uma perspectiva de ensino que entenda a importância de se constituir em sala de aula comunidades de práticas epistêmicas de natureza social, não se espera que os alunos apenas conheçam a respeito de conceitos e técnicas da ciência. Tem-se a expectativa de que os alunos possam participar de situações em que esses conceitos e técnicas sejam tanto ferramentas para a resolução de problemas quanto produtos desse processo.

Para tanto, é preciso que conhecimentos, como conceitos e técnicas, não sejam exclusivamente trabalhados em sala de aula com um status de prontos e consolidados. Deve-se também oferecer oportunidade aos alunos de trabalharem com conhecimentos ainda em processo de estabelecimento. Nesse contexto, além do domínio das técnicas investigativas, também é necessário que aluno saiba participar das práticas sociais pelas quais o conhecimento é produzido e negociado, o que faz com que proposições de conhecimento precisem ser apresentadas, justificadas e qualificadas para que se legitimem dentro daquela comunidade.

²⁹ Apresentada na seção 2.4.

Com base em tais reflexões, observamos que elementos apresentados no Quadro 15, como os implícitos em c1, c2, c8, c11 e c12³⁰, estão profundamente relacionados às formas com que os alunos participam e, conseqüentemente, se apropriam de práticas do fazer científico escolar.

Assim, entendemos que os Pontos Fundamentais e os Aspectos Importantes trazem consigo objetivos associados à promoção do que denominamos participação do discurso epistêmico, discurso pelo qual são estabelecidos os conhecimentos, suas práticas produtoras e a agência dos participantes dessa comunidade. A fim de compreender tais aspectos propomos nossa terceira e última dimensão de análise, a Dimensão do Discurso Epistêmico.

Como já indicado por sua denominação, a Dimensão do Discurso Epistêmico se manifesta justamente quando ocorre aquilo que havíamos denominado como discurso epistêmico, ou seja, quando estiverem “em estabelecimento” conhecimentos, práticas epistêmicas e/ou agência epistêmica. Assim, não consideraremos discurso epistêmico conhecimentos apresentados com o status de fato, ou seja, conhecimentos historicamente acumulados que não necessitem, ou não sejam, propostos, justificados e consolidados pelos agentes da comunidade em questão: professor e alunos. Essa dimensão, doravante denominada apenas por Dimensão Epistêmica, é composta por um grupo de quatro categorias que dizem respeito às formas que o professor favorece as práticas epistêmicas.

O primeiro posicionamento epistêmico, a adução (E-Ad), diz respeito aos momentos em que o professor fornece elementos que colaboram com a resolução do problema. Esses elementos podem ser informações, explicações, procedimentos ou encaminhamentos. Vale aqui destacar que nosso foco não se volta para a identificação de qual desses elementos foi apresentado, mas para compreender de que forma esse posicionamento participa do discurso epistêmico.

Por sua vez, o segundo posicionamento epistêmico, a incitação (E-Inc), está associado aos momentos que o professor promove uma demanda nos alunos. Embora, por vezes, isso ocorra por meio de frases interrogativas, entendemos que existem situações em que são construídas demandas para os alunos sem que haja a necessidade de uma pergunta explícita.

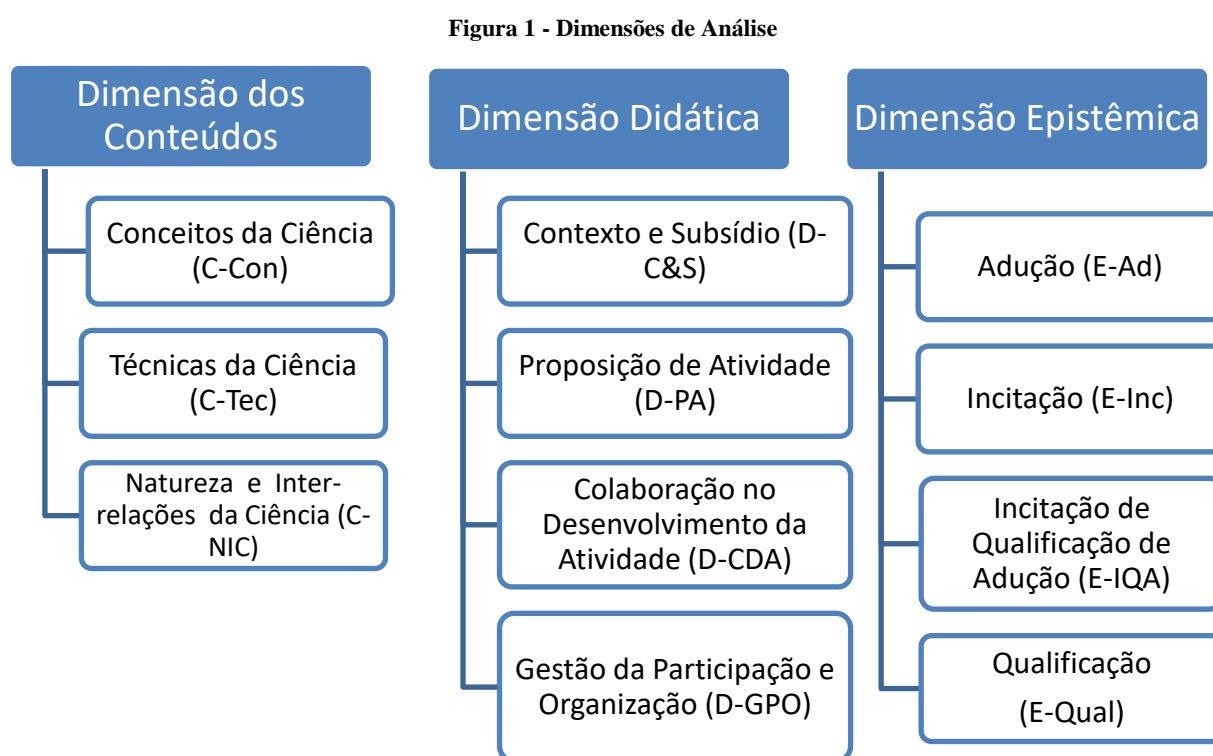
³⁰ “A participação ativa do aluno”, “A importância da interação aluno-aluno”, “A passagem da linguagem cotidiana para a linguagem científica”, “A importância da tomada de consciência de seus atos para a construção do conhecimento”, “As diferentes etapas das explicações científicas [Valorização das etapas intermediárias]”, respectivamente.

Já o terceiro posicionamento, incitação de qualificação de adução (E-IQA), está associado aos momentos em que o professor incita os alunos a qualificarem uma adução por ele apresentada.

Por fim, o quarto tipo de posicionamento, a qualificação (E-Qual) refere-se às situações em que o professor oferece parecer sobre algum elemento apresentado pelo aluno.

Embora tenhamos representado como sistema analítico dessa dimensão apenas os posicionamentos epistêmicos, entendemos que tal dimensão tenha por objetivo compreender o papel do discurso epistêmico e, dessa forma, levaremos em consideração durante a análise de que forma a participação do professor opera sobre os seus três níveis³¹ de atuação desse discurso.

Na Figura 1, abaixo, apresentamos as três dimensões de análise e suas respectivas categorias, compondo a estrutura completa da ferramenta analítica proposta.



FONTE: Próprio autor.

Entendemos que estas três dimensões propostas estejam profundamente inter-relacionadas e cada uma das dimensões representa apenas uma das perspectivas possíveis para investigarmos a ação docente. Temos que o estabelecimento da sala de aula como

³¹ Níveis apresentados na seção 2.6.

comunidade de práticas epistêmicas dependa de diversos aspectos, dentre esses, os aspectos apresentados nas três dimensões analíticas. Por exemplo, é preciso que haja o trabalho com conceitos e técnicas, tanto aqueles consolidados historicamente quanto aqueles em estabelecimento. Também é preciso que haja uma proposta de atividade que possibilite o desenvolvimento de um problema e que forneça os subsídios necessários para sua resolução e, por último, é preciso uma condução adequada do discurso epistêmico em sala de aula.

A dependência dessas três dimensões faz com que o estabelecimento de uma comunidade epistêmica se dê de forma processual e gradativa, uma vez que seu desenvolvimento depende do tempo de trabalho daquele grupo em propostas semelhantes, do nível de domínio de conceitos e técnicas por parte dos alunos, do nível de engajamento dos alunos nas atividades, entre outros.

4.2 Segunda Etapa de Análise - identificação e interpretação dos objetivos específicos do professor

Até o momento, identificamos a fundamentação teórica e os propósitos gerais da SEI e, a partir destes, elaboramos o ferramental analítico proposto neste trabalho. Agora, voltaremos nossa atenção a identificar e compreender os objetivos elencados especificamente para o trecho da SEI que recortamos para nossa análise.

4.2.1 Os objetivos estabelecidos para o docente no material instrucional

No material instrucional (LOPES, 2013), a apresentação das atividades da SEI ocorre de forma linear, seguindo uma estruturação em blocos e segmentos. Cada uma de suas atividades encontra-se acompanhada tanto de orientações para o professor quanto de uma breve explicação conceitual sobre sua concepção e seus propósitos. Dessa forma, para cada um dos dois segmentos desenvolvidos no Oitavo Encontro, temos uma lista composta por objetivos específicos.

Embora tais listas de objetivos sejam de grande utilidade para o presente estudo, entendemos que a forma de sua organização não favorece nossa análise. Tal fato se dá em decorrência de dois aspectos que identificamos nesta lista de itens: a presença de elementos de naturezas distintas em um único item e a repetição de elementos similares em itens distintos, conforme será possível verificar no Quadro 16, abaixo.

Quadro 16

Objetivos específicos apresentados pelo material instrucional para o Oitavo Encontro	
Objetivos para o sétimo segmento	
a1	Desenvolver o gosto pelo questionamento e pela investigação
a2	Conhecer uma técnica utilizada em laboratório de microscopia eletrônica para obtenção de dados
a3	Desenvolver hipóteses e modelos para o elétron
a4	Classificar o elétron segundo o conhecimento adquirido durante as atividades anteriores como onda, como partícula ou de outra forma
a5	Desenvolver o interesse e a curiosidade do aluno sobre a Natureza do elétron
a6	Desenvolver o senso de responsabilidade e de colaboração
a7	Desenvolver o gosto pela Ciência em geral, e pela Física em particular
Objetivos para o oitavo segmento	
a8	Favorecer o questionamento, a investigação e a organização de informações pelos alunos
a9	Desenvolver hipóteses e modelos para a natureza do elétron
a10	Desenvolver o pensamento crítico acerca do comportamento do elétron
a11	Compreender o empreendimento científico e como os cientistas trabalham
a12	Estimular a curiosidade, o interesse, a responsabilidade, o gosto pela Ciência e pela Física

FONTE: Lopes (2013, p. 131).

Podemos perceber que muitos dos itens listados possuem em seu enunciado diversos elementos a serem desenvolvidos. Como exemplo disso, destacamos no item a12 quatro desses elementos: “Estimular a curiosidade, o interesse, a responsabilidade, o gosto pela Ciência e pela Física” (grifo nosso).

Entendemos que existe a possibilidade de que elementos pertencentes a um único item não sejam desenvolvidos simultaneamente ou de uma mesma forma. Como exemplo, destacamos os elementos apresentados no item a8 “Favorecer o questionamento, a investigação e a organização de informações pelos alunos” (grifo nosso). Embora entendamos que exista certa similaridade entre favorecer o questionamento e favorecer a investigação, a nosso ver, tais elementos citados diferem significativamente de favorecer a organização de informações.

Outro aspecto a ser considerado está relacionado com o fato de essa lista ser composta por dois grupos de objetivos, um elencado para o sétimo segmento da SEI e outro grupo elencado para o oitavo segmento. Embora a implementação de ambos os segmentos tenha se dado em aula dupla, partimos do princípio que o professor desenvolva tais objetivos durante todo o encontro, sem se preocupar em desenvolver determinados objetivos na primeira ou na segunda metade do encontro. Como resultado desse aspecto, temos itens que aparecem com redações quase que idênticas (a3 e a9) e outros itens que somente alguns de seus elementos se superpõem.

Tendo em vista as questões apresentadas, consideramos necessária a realização de uma breve análise desses itens elencados pelo material instrucional, interpretando-os e, quando necessário, reformulando suas redações, para que esses possam ser organizados e estudados de acordo com o ferramental analítico aqui proposto. Ao fim desse processo será composta uma nova lista contendo o que denominaremos como “objetivos do professor” e adotaremos no decorrer deste trabalho.

Vale aqui destacar que não temos a pretensão de mensurar os resultados obtidos pelo professor, ou seja, não pretendemos verificar em que grau o professor atinge tais objetivos, mas compreender de quais formas a participação do professor no discurso epistêmico colabora na obtenção desses objetivos. Dessa forma, ao nos depararmos com objetivos que apresentam como metas desenvolver nos alunos aspectos como “gosto”, “interesse” e “curiosidade” pelas práticas investigativas e pela Ciência (a1, a5 e parte de a12), nossa atenção se voltará a compreender de que formas o professor promove/desenvolve a atividade para permitir que tais aspectos se desenvolvam. Não teremos como foco mensurar o nível do interesse, gosto ou curiosidade desenvolvidos. Visto isso, buscaremos sempre que possível adotar as considerações que Lopes (2013) apresentou como responsáveis pela promoção desses aspectos.

Para a constituição dessa listagem de objetivos do professor, iremos iniciar por aqueles itens que permanecerão inalterados. Iniciamos pelo item a2 “Conhecer uma técnica utilizada em laboratório de microscopia eletrônica para obtenção de dados”. Entendemos que, de acordo com a perspectiva oferecida pela Dimensão dos Conteúdos, este item atende a um duplo propósito. O primeiro seria o de desenvolver conhecimentos experimentais, à medida que requer que os alunos conheçam as funções e configurações de equipamentos de pesquisa. Já o segundo propósito seria o de colaborar com a construção de uma imagem adequada do empreendimento científico, conforme apresenta um equipamento complexo, que demanda muito conhecimento e grande investimento financeiro para seu desenvolvimento e operação.

Também será mantida a redação do item a11 “Compreender o empreendimento científico e como os cientistas trabalham” conforme a original, por entendermos que a mesma não possui elementos de naturezas distintas ou repetidos. Temos que este objetivo relaciona-se diretamente com a categoria C-NIC, pois enfatiza justamente um conhecimento sobre a ciência e a forma de trabalho do cientista.

Com havíamos apresentado, os itens a3 e a9 correspondem a um único objetivo a ser desenvolvido em ambos os segmentos analisados. Manteremos assim sua redação como “Desenvolver hipóteses e modelos para o elétron”. Sobre esse item, entendemos que seu

desenvolvimento traga consigo dois aspectos importantes. O primeiro, mais imediato, pode ser entendido pela Dimensão dos Conteúdos, como o desenvolvimento de conhecimentos técnicos (C-Tec) de uma investigação, à medida que hipóteses e modelos são constituintes centrais no empreendimento científico. O segundo, mais implícito, compreendido na Dimensão Epistêmica, situa-se no fato de estar subentendido em uma solicitação de desenvolvimento de hipóteses e modelos que os mesmos precisarão ser propostos, justificados e, conseqüentemente, avaliados para que cumpram seu papel dentro do discurso epistêmico.

O item a4 “Classificar o elétron segundo o conhecimento adquirido durante as atividades anteriores como onda, como partícula ou de outra forma” também possui dois aspectos importantes a serem considerados. O mais direto seria a técnica investigativa de classificar e o outro está subentendido no fato que a classificação demanda o conhecimento prévio de dois tipos de elementos, os conceituais, necessários para o estabelecimento de características classificatórias e os factuais, que seriam as características do objetivo a ser classificado. Com isso, além da dependência de pré-requisitos ou subsídios que veremos em um objetivo posterior, elaboramos a partir desse item o objetivo: “Desenvolvimento da técnica da ciência de classificação” (C-Tec).

Outro item que faz referência a uma técnica da ciência é o item a8 “Favorecer o questionamento, a investigação e a organização de informações pelos alunos” (grifo nosso). Desse item elaboramos o objetivo: “Desenvolvimento da técnica da ciência de organização de informações” (C-Tec).

Ainda no item a8 podemos identificar o termo “questionamento” (presente nos itens a1 e a8), termo que entendemos possuir forte relação com “curiosidade” (presente nos itens a5 e a12). Tais termos “curiosidade” e “questionamento” se relacionam com o que denominamos desenvolvimento de uma postura investigativa, ou seja, estaria relacionado com as formas de agir dos agentes de uma investigação.

No item a10³², podemos identificar o termo “pensamento crítico”. Embora tal termo conste em listagens de objetivos de outros segmentos, não temos em outras partes do material instrucional qualquer menção que pudesse nos indicar o entendimento dado a tal termo. Em virtude dessa lacuna, partimos do entendimento dado ao termo por Fisher e Scriven (1997), pelo qual o pensamento crítico seria “uma ativa e habilidosa interpretação e avaliação de observações, de comunicações, de informações e de argumentações” (FISHER; SCRIVEN, 1997, p. 20, tradução nossa). A partir dessa definição, entendemos que a ideia oferecida por

³² “Desenvolver o pensamento crítico acerca do comportamento do elétron”.

este termo também está associada ao desenvolvimento de uma postura investigativa curiosa e questionadora.

Outro termo que podemos associar à forma de agir dos membros durante uma investigação é o “responsabilidade”. Este, além de constar nos itens a6 e a12 dessa lista, também aparece nas discussões teóricas que acompanham o material instrucional. Nessa instância, Lopes (2013) faz referência ao conceito de responsabilidade [*accountability*, tradução nossa], proposto por Engle e Conant (2012). Para tais autores, os alunos devem ser entendidos como responsáveis em relação ao conhecimento produzido para com os demais membros da sala de aula e para com as normas disciplinares. Esse senso de responsabilidade teria por objetivo evitar que conhecimentos fossem estabelecidos por meio de competições por convencimento desprovidas de qualquer compromisso com a fidedignidade. Deveria haver a responsabilidade do aluno em relação às regras daquele conteúdo disciplinar e ao adequado aprendizado.

Pelo visto, manteremos a redação dada pelo item a6 “Desenvolver o senso de responsabilidade e de colaboração”. Este item, quando entendido pela perspectiva oferecida pela Dimensão Epistêmica, relaciona-se com as formas de agir do aluno em relação ao conhecimento e, portanto, com a agência epistêmica. Sob tal entendimento, o aluno envolvido no processo de investigação deveria se entender responsável pela proposição de conhecimento, pela negociação desse conhecimento e pela sua relação com os demais agentes dessa comunidade.

Outros termos que, de certa forma, possuem relação com a prática investigativa são “gosto” e “interesse”. Tais termos, embora apareçam com certa frequência³³ nas listagens de objetivos dos segmentos, praticamente não estão presentes nas discussões teóricas que acompanham o material instrucional. Tendo em vista que nos objetivos o termo “gosto” aparece associado à ideia de gosto pela ciência ou gosto pela investigação, entendemos que esse gosto esteja relacionado com a participação em práticas investigativas. Para o termo “interesse” podemos identificar sua ocorrência fora das listas de objetivos, em um item que abordava o papel do professor dentro de observações relativas ao sexto segmento:

O professor tem um papel fundamental em manter o interesse dos alunos com as atividades propostas, mesmo com a leitura de um texto. Quando a SEI propõe questões para o professor debatê-las na aula, está fornecendo subsídio para tornar esse professor um elaborador de questões, mesmo fora do contexto do laboratório. E ainda assim, favorece a estruturação de informações, o levantamento de hipóteses e

³³ “Gosto” e “Interesse” com cinco e sete ocorrências nas listas de objetivos dos segmentos da SEI, respectivamente.

as explicações dos estudantes acerca das ideias de GP Thomson sobre o comportamento ondulatório dos raios catódicos (LOPES, 2013, p. 127, grifo nosso).

Além disso, temos que no desenvolvimento teórico inicial que acompanhava o material instrucional, Lopes (2013) relaciona o desenvolvimento de uma atividade interessante em sala de aula com as situações em que se atinge o engajamento disciplinar produtivo (ENGLE; CONANT, 2002). “Os pesquisadores acreditam que é possível ‘fazer algo’ de interessante em sala de aula, quando se tem uma situação de engajamento disciplinar produtivo” (LOPES, 2013, p. 37). De uma análise que não se restrinja ao termo “interesse”, temos que Lopes considera que o professor detenha papel central no desenvolvimento e manutenção do interesse do aluno. Para Lopes (2013), o professor, a partir de suas interações discursivas, seria responsável por atuar tanto na construção de um problema significativo quanto na colaboração com seus alunos na resolução desse problema. Tal atuação deveria promover um ambiente encorajador por meio da valorização das ideias dos alunos, sejam aquelas ideias que estes já possuíam sobre o tema trabalhado ou aquelas desenvolvidas durante a realização da atividade. Dessa análise, temos que o desenvolvimento do interesse, assim como do gosto, se dê em resultado de uma combinação da participação ativa dos alunos em práticas investigativas com a atuação do professor em tais atividades por meio de seu discurso. Assim, identificamos nos itens que apresentam os termos “gosto” e “interesse” (a1, a5, a7 e a12) o objetivo: “Desenvolver gosto e interesse pela Ciência e suas práticas investigativas”.

Enfim, após essa discussão sobre os objetivos e seus elementos, o Quadro 17, abaixo, sintetiza as reformulações elaboradas para o prosseguimento das análises.

Quadro 17

Reformulação da redação dos objetivos previstos no material instrucional	
Redação original	Redação reformulada
a2 - Conhecer uma técnica utilizada em laboratório de microscopia eletrônica para obtenção de dados	O1 - Conhecer uma técnica utilizada em laboratório de microscopia eletrônica para obtenção de dados
a11 - Compreender o empreendimento científico e como os cientistas trabalham	O2 - Compreender o empreendimento científico e como os cientistas trabalham
a3 - Desenvolver hipóteses e modelos para o elétron	
a9 - Desenvolver hipóteses e modelos para a natureza do elétron	O3 - Desenvolver hipóteses e modelos para o elétron
a4 - Classificar ₄ o elétron segundo o	

conhecimento adquirido durante as atividades anteriores como onda ₃ , como partícula ₃ ou de outra forma ₃	O4 - Desenvolver habilidades de classificação
a8 - Favorecer o questionamento ₇ , a investigação ₇ e a organização de informações ₅ pelos alunos	O5 - Desenvolver habilidades de organização de informações
a6 - Desenvolver o senso de responsabilidade ₆ e de colaboração ₆	O6 - Desenvolver uma postura investigativa colaborativa e responsável
a10 - Desenvolver o pensamento crítico ₇ acerca do comportamento do elétron ₃	O7 - Desenvolver uma postura investigativa curiosa e questionadora
a1 - Desenvolver o gosto ₈ pelo questionamento ₇ e pela investigação ₈	
a5 - Desenvolver o interesse ₈ e a curiosidade ₇ do aluno sobre a Natureza do elétron ₃	
a7 - Desenvolver o gosto ₈ pela Ciência em geral, e pela Física em particular	O8 - Desenvolver gosto e interesse pela Ciência e suas práticas investigativas
a12 - Estimular a curiosidade ₇ , o interesse ₈ , a responsabilidade ₆ , o gosto ₈ pela Ciência e pela Física	

FONTE: Próprio autor.

4.2.2 Os objetivos estabelecidos para o docente na entrevista

Uma vez examinado o material instrucional em busca dos objetivos para aquele encontro, nossa atenção voltou-se para identificar os possíveis objetivos que o professor poderia ter apresentado na entrevista prévia àquela aula. Para tanto, buscou-se identificar na transcrição da entrevista os trechos que, direta ou indiretamente, indicassem potenciais objetivos para aquela aula. Nesse processo, localizamos nas falas do professor trechos associados a quatro objetivos (O1, O2, O3 e O8) que já haviam sido identificados na análise do material instrucional e que, por serem coincidentes, não foram acrescentados ao hall de objetivos específicos (vide Quadro 18, abaixo).

Quadro 18

Entrevista Prévia: Objetivos Coincidentes
<p>O8 - Desenvolver gosto e interesse pela Ciência e suas práticas investigativas</p> <p>(L26~L32) <Prof.>: Uma coisa que me deixa curioso e apreensivo é que o Beto me procurou durante a semana inteira depois da aula eletiva pra saber "que diacho que é o elétron ". Por que ele tá buscando na internet, ele não encontra coisa muito diferente do que a gente tá trabalhando. Ele começou a procurar isso e a me procurar pra ir perguntar. A Lena nas aulas, o Beto fora das aulas, a Tina, o Rafa... assim, alguns alunos daquela primeira bancada que eu sempre aponto, eles foram atrás. E os da segunda também. Eles estão indo atrás de saber o que é isso e me perguntam no meio da sala.</p> <p>(L33~L38) <Prof.>: Eu estou ficando meio preocupado. Assim, se eu der só uma parte hoje, isso vai ser pouco, porque eles estão começando a ficar mais entusiasmados, porém eles não falam muito. Então, se eu estender demais, talvez morra o interesse, se eu encurtar demais eles nem vão perceber o que passou na frente deles. Então, hoje vai ser aquele dia de tomar cuidado com o timing, de acertar ou</p>

não... espero que eu acerte o tempo deles e valorizar o que eles falarão . É isso, é o que vai tá na SEI.

O2 - Compreender o empreendimento científico e como os cientistas trabalham

(L48~L50) <Prof.>: **O que eles vão aprender hoje** , talvez, **é que** dependendo do cientista... **eles vão tá sentindo que a ciência depende do ser humano que tá trabalhando com ela** [...]

(L58~L63) <Prof.>: Então, a ideia é **mostrar que a ciência está se complexificando** . Nesse sentido, ele vê que **antes era um ou dois cientistas que trabalham com um experimento**, depois pronto e acabou. Tanto é que o premio Nobel era só pra ele. Mesmo que fosse dividido com outros que tinham feito a mesma, o mesmo trabalho, mas em lugares diferentes... mas eles se conversaram... **Hoje já não dá, ninguém faz nada sozinho**, que é o que a gente vê nos prêmios Nobel da década de 70 pra cá.

O1 - Conhecer uma técnica utilizada em laboratório de microscopia eletrônica para obtenção de dados

(L4~L6) <Prof.>: Bem, o planejado pra SEI... Hoje seria já o oitavo encontro, em que eles vão **verificar a experiência do Tonomura. A gente discute a experiência do Tonomura, em que é paulatinamente montado um padrão de interferência com elétrons numa tela**. No vídeo original... que até o Tonomura fala no texto dele... dá uma hora, mais ou menos, uma hora e dez. E o vídeo... que ele mesmo editou... que ele divulga... tem um minuto, tá na internet

O3 - Desenvolver hipóteses e modelos para o elétron

(L100~L103) <Prof.>: Bom, **quanto aos conceitos, a gente vai retomar partícula , vai retomar ondas e hoje não foge disso**

FONTE: Transcrição da entrevista prévia ao Oitavo Encontro (Apêndice B).

Além dos trechos que nos remetiam a objetivos coincidentes, também foram identificadas falas do professor que indicavam um novo objetivo. A partir da análise desses trechos, o seguinte objetivo adicional foi redigido (O9): “Fornecer subsídios para a argumentação e a investigação”. O objetivo específico adicional e os seus respectivos trechos da transcrição da entrevista encontram-se representados no Quadro 19, abaixo.

Quadro 19

Entrevista Prévia: Objetivo adicional

O9 - Fornecer subsídios para a argumentação e a investigação

(L11~L15) <Prof.>: A animação tá muito bem feita e **ajuda bastante a discutir com os alunos o assunto porque retoma a primeira experiência feita com partículas, a segunda experiência feita com ondas, a experiência do J.J. Tompson, a experiência do G.P. Tompson e chega em Tonomura**. Tudo isso em oito minutos e em um vídeo. Feito isso, **a gente debate sobre o material**.

(L100~L103) <Prof.>: Então, na SEI eu não posso falar assim: “toda aula é uma SEI bonitinha e toda aula vai ter investigação”, mas **eu tenho que dar materiais e subsídios pra eles**, em outras aulas ou na mesma aula, dependendo do caso, **pra que ele possa chegar num processo em que apareça a argumentação e que eu desenvolva... consiga estimular o argumento dele**.

(L104~L106) <Prof.>: Eu penso que a SEI... uma sequência de ensino investigativo, tem que ter essas características. **Eu tenho que dar materiais pra ele poder embasar suas informações ... suas afirmações, pra daí eles chegarem a uma conclusão ... ou não... mas que tenha a justificativa**.

FONTE: Transcrição da entrevista prévia ao Oitavo Encontro (Apêndice B).

Com isso, fica completa nossa lista dos objetivos específicos para o Oitavo Encontro, sendo composta por oito objetivos provenientes das análises do material instrucional e um originado da análise da entrevista. No Quadro 20, apresentamos os nove objetivos resultantes dessa composição.

Quadro 20

Lista de Objetivos Específicos da SEI
O1 - Conhecer uma técnica utilizada em laboratório de microscopia eletrônica para obtenção de dados
O2 - Compreender o empreendimento científico e como os cientistas trabalham
O3 - Desenvolver hipóteses de modelos para o elétron
O4 - Desenvolver habilidades de classificação
O5 - Desenvolver habilidades de organização de informações
O6 - Desenvolver uma postura investigativa colaborativa e responsável
O7 - Desenvolver uma postura investigativa curiosa e questionadora
O8 - Desenvolver gosto e interesse pela Ciência e suas práticas investigativas
O9 - Desenvolver subsídios para a investigação e para a argumentação

FONTE: Próprio autor.

Com isso, na primeira etapa de análise identificamos tanto os pressupostos teóricos que fundamentaram a elaboração da SEI quanto os propósitos gerais da mesma. Com base em tais elementos elaboramos o sistema analítico proposto e adotado por este trabalho. A segunda etapa de análise se deu, por um lado, sobre os itens apresentados no material instrucional como objetivos para os dois segmentos analisados e, por outro, sobre as falas do professor durante a entrevista prévia à aula. Adiante, na terceira etapa, realizaremos uma análise, com base no sistema analítico proposto, das ações do professor a fim de atingir seus objetivos específicos durante a aula.

4.3 Terceira Etapa de Análise - análise longitudinal da aula, reconhecendo objetivos e categorias de análise

Nessa terceira etapa de análise, nosso foco, que até então estava no material instrucional, desloca-se para a sua implementação em sala de aula. Durante a análise, iremos delimitar e caracterizar diversos momentos da aula, compreendendo de que forma tais momentos se relacionam entre si e como se relacionam com os objetivos específicos do

professor. Com a adoção do sistema analítico proposto, visaremos compreender de que forma a participação do professor no discurso epistêmico colabora na obtenção de seus objetivos.

Para tanto, faremos uma análise das transcrições relativas ao Oitavo Encontro que consistiu no desenvolvimento completo do sétimo e oitavo segmentos e do desenvolvimento parcial do nono segmento da SEI. As atividades do encontro ocorreram com base nos seguintes materiais: Vídeo da experiência de Tonomura (DOUBLE-SLIT, 1989), Leitura da Entrevista com Tonomura (ANEXO A) e Vídeo do Dr. Quantum (DR. QUANTUM, 2004).

4.3.1 Análise do Ato I: abertura

O primeiro ato, denominado “Abertura”, com duração aproximada de sete minutos, possui características de um início de aula, cumprindo a um duplo papel: preparar a turma para a atividade a ser desenvolvida e situar essa atividade em relação aos conteúdos trabalhados em atividades anteriores.

O início do ato se dá com professor aguardando o ingresso dos alunos na sala em que rotineiramente a SEI estava sendo desenvolvida. Os alunos, conforme adentram a sala laboratório, dirigem-se a uma das quatro grandes bancadas fixas, de forma a preservar os elencos dos grupos de trabalho estabelecidos em aulas anteriores. Apesar da composição da turma ser multisseriada, contando com alunos dos diferentes anos do Ensino Médio, cada bancada recebia um grupo relativamente homogêneo, formado por alunos de uma mesma série escolar. Com isso, dois grupos eram compostos por alunos do primeiro ano, um grupo por alunos do segundo e um último grupo por alunos do terceiro ano. Essa organização dos grupos se repetiu no decorrer dos encontros da SEI.

Quadro 22 - Transcrição: Ato I - Recorte A (T1 : T7)

Turno <Falante>: Transcrição
T1 <Prof>: Pessoal, boa tarde... boa tarde. Quero todos voltados para cá
T2 <André>: E o elétron, é onda ou partícula?
T3 <Prof>: Edu! [pede a atenção do aluno]
T4 <Edu>: Partícula
T5 <Prof>: Tira as mochilas da bancada. Mochilas não podem ficar na bancada. O pessoal de química já sabe o porquê
T6 <André>: Vai tirar ponto
T7 <Prof>: Foi bacana... Vamos lá! [pede a atenção dos alunos] Então, enfim, estamos chegando ao final da eletiva, ao final do curso e ao final da pergunta, ou da resposta, ou sei lá, do que vocês queiram responder. "shhh!"... Voltados pra cá... Edu, voltado pra cá! Então, olha só... a gente já visitou um campo de futebol de bolinha de gude

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

De acordo com o Quadro 22, acima, após os alunos tomarem seus lugares, o professor se dirige à frente da sala e, em seu discurso, intenta obter a atenção de seus alunos (T1, T3). Pela perspectiva oferecida pela Dimensão Didática entendemos que estes turnos iniciais representem o momento em que o professor procura organizar a sala, solicita aos alunos uma participação adequada para que possa apresentar as atividades que serão desenvolvidas. Dessa forma, temos turnos codificados com a categoria Gestão da Participação e Organização (D-GPO). Percebemos que nesses turnos o professor gerencia tanto a participação e a atenção dos alunos (“Edu!” - T3, “Shhh!” - T7; “Pessoal” - T1; “Vamos lá”, “Então, enfim” - T7) quanto à própria organização física da sala, conforme solicita aos alunos que não deixassem as mochilas sobre as bancadas (T5).

Quadro 23 - Transcrição: Ato I - Recorte B (T9 : T11)

Turno <Falante>: Transcrição
<p>T9 <Prof.>: A gente já visitou, ou participou de uma entrevista em Londres com um cara chamado JJ Thompson. Lembrando, é uma atividade lúdica também o futebol, mas também quando você vê um texto que... é... a gente passa... guarda isso... [chama a atenção de aluno] a gente passa como se vocês tivessem viajado no tempo, e que as pessoas pudessem fazer a entrevista com um cientista, seria bom. Hoje eu estou mais chamando a atenção pra isso, por quê? Eu tinha começado a entrar em contato com esse cientista, que era o Akira Tonomura, na hora que eu estava fazendo minha dissertação de mestrado. Da pior forma, a resposta que veio foi: "ele acabou de falecer". Então, a ideia era, vocês terem visto gente que nasceu no final... Joel! [pede a atenção do aluno]</p>
<p>T10 <Joel>: Oi</p>
<p>T11 <Prof.>: Gente que tinha feito experiência no final do século IX, gente que tinha feito experiência no início do século XX e, agora, no final do século XX e início do século XXI, trabalhando com isso. A ideia era tá com um material que realmente a entrevista fosse... não fictícia, mas... mas eu tinha elaborado as questões e mandado pro pesquisador... para onde ele trabalhava. Não tinha em nenhum lugar assim tão fácil, ninguém fica falando: "Oh, o cientista morreu". Então, quando eu mandei, a empresa onde ele trabalhava, a Hitachi, avisou, né... que infelizmente tinha acabado de ocorrer isso. Não fazia alguns meses, né. É diferente de morrer um presidente de algum país, que todo mundo fica falando. Cientista não é toda hora que fica falando. Então, peço desculpas porque eu tive que montar, ele estava vivo quando comecei a montar as coisas... não deu tempo de trabalhar com ele diretamente</p>

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Após este momento inicial, marcado por reiteradas interações que visavam à organização para a atividade (D-GPO), conforme o professor vai conseguindo a atenção da turma, o mesmo inicia outro tipo de interação, também compreendida pela Dimensão Didática Estrutural, que são as interações de Contexto e Subsídio (D-C&S). Com esse tipo de interação o professor situa o contexto da atividade a ser realizada em relação a atividades desenvolvidas nos encontros anteriores (T9, T11) (Quadro 23, acima).

Ao comentar com os alunos sobre o processo de elaboração do material que seria utilizado na primeira atividade (Entrevista com Tonomura), o professor aborda indiretamente questões que colaboram na construção de uma imagem do empreendimento científico, atuando na Dimensão dos Conteúdos, mais especificamente na categoria da Natureza e Inter-

relações da Ciência (C-NIC). Temos aqui, que nesse momento, o professor está desenvolvendo o objetivo O2 “Compreender o empreendimento científico e como os cientistas trabalham”.

Apesar de discorrer sobre uma tentativa frustrada de contatar um cientista contemporâneo, entendemos que o professor tenha desenvolvido junto a seus alunos uma imagem menos romantizada do cientista e da ciência, ao mostrar que, mesmo um cientista de renome, poderia ser um profissional acessível, disponível para fornecer informações sobre seu trabalho em uma empresa privada de ciência e tecnologia (T9, T11).

Quadro 24 - Transcrição: Ato I - Recorte C (T12 : T23)

Turno <Falante>: Transcrição
T12 <Prof.>: Bom, mas a equipe dele ainda existe, eles fazem um ótimo trabalho sobre microscopia eletrônica lá no Japão e muitas coisas que vocês têm hoje de tecnologia...Ah, eu vou falar da Hitachi e fica parecendo que tô fazendo propaganda do aparelho... mas não é não, tá? Mas o que a gente tem de tecnologia tá relacionado com essa busca. Uma outra parte, eu não sei se vocês perceberam, a gente teve alguma entrevista ou atividade com algum cientista brasileiro?
T13 <Prof.>: Não, né? Então, isso, a gente não vai, não faz parte do nosso caminho... da... da eletiva. Mas eu gostaria que vocês, terminando, pensassem nisso. Vai se desenvolver tecnologia e ciência, principalmente ciência, depois tecnologia, depois técnica, em alguns países. Esses países, lá no início do século 20, como estão hoje? A gente passou pela Inglaterra, falamos na lista de nomes que foram citados na entrevista, passamos por Estados Unidos, Suécia, França e, agora, estamos no Japão. Desses países que eu falei, tem algum assim que está passando miséria?
T14 < ? >: A França acabou de {inaudível}
T15 <Prof.>: O Brasil ainda tem seus problemas. Então, uma das coisas que eu, que a gente poderia discutir mais pra frente é como que o desenvolvimento da ciência afeta o seu prato de comida?... Quem gosta de tomate aqui?
T16 <Nina>: Eu
T17 <Prof.>: Chá de gengibre? Não, né? Quentão? Pra eu ter o quentão, tem que ter o gengibre. Se eu não controlo bem a ciência e a tecnologia dos satélites meteorológicos, mas os Estados Unidos controlam os satélites e os computadores que ajudam a previsão do tempo. Se eu não faço uma boa previsão do tempo, eu vou saber quando plantar e colher o tomate ou o gengibre? E isso gera o quê? Se o tomate... se tiver geada e um clima ruim acaba com a produção de tomate, o preço aumenta ou diminui?
T18 <Fred>: Aumenta
T19 <Prof.>: Aumenta. Não aumenta? shhh! [pede silêncio], Joel. Não aumenta? Aumenta! Então, se eu não tiver um bom desenvolvimento de ciência e tecnologia, quem sofre? Você ou cientista?
T20 <Edu>: Cientista
T21 <Nina>: Eu não entendi a pergunta
T22 <Prof.>: Se eu não tiver um bom desenvolvimento em ciência e tecnologia, quem sofre? É o cientista, que ninguém prestou atenção? Ou o professor, que ninguém quer prestar atenção? Ou é você, que quando vai comer e quando vai no mercado, paga um preço lá no alto?
T23 <Nina>: A gente

FONTE: Transcrição da gravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

No quadro 24, acima, continuando com interações pertencentes à categoria D-C&S, o professor relaciona o desenvolvimento econômico-social alcançado pelos os países de origem (Inglaterra, EUA, Suécia e Japão) dos cientistas apresentados nos textos das aulas com o fato daqueles países investirem em pesquisas científicas (T12). Destaca importância do desenvolvimento científico e tecnológico e relaciona esse desenvolvimento com impactos

econômicos no cotidiano do aluno “ou é você que quando vai comer e quando vai no mercado paga um preço lá no alto?” (T22). Sob a perspectiva oferecida pela dimensão dos conteúdos, tais falas representam mediações pertencentes à categoria C-NIC.

Da análise do Ato I, pela perspectiva da Dimensão Didática, percebemos a transição de uma preponderância inicial na mediação de organização (D-GPO) para uma preponderância de interações de mediação de contexto e subsídio (D-C&S). Quanto à Dimensão dos Conteúdos, vemos que essas mediações de contexto trabalhavam conteúdos relacionados à categoria C-NIC, desenvolvendo o objetivo O2.

4.3.2 Análise do Ato II: vídeo de Tonomura

O Ato II tem duração aproximada de 16 minutos e ocorre tendo como pano de fundo a apresentação e a discussão do vídeo Double-Slit (1989), vídeo produzido e disponibilizado pelo físico Akira Tonomura, coordenador da equipe de pesquisa da Hitachi que realizou o experimento.

Quadro 25 - Transcrição do Ato II - Recorte A (T33)

Turno <Falante>: Transcrição
T33 <Prof.>: É uma experiência que não dá pra fazer aqui porque, lembra da voltagem do aparelho que a gente utilizou? Qual que era? 5.000 Volts, 10.000 Volts? Da TV, 25.000 Volts. Quando eu tô com o microscópio eletrônico 250.000 Volts e pode chegar a 1.000.000 de Volts nos aparelhos mais novos . É muito... é muito e eu não gostaria de colocar... Olha, vamos fazer a experiência e tal... e vai que o Rafa coloca o dedo. Tudo bem, o Rafa pode colocar o dedo e morrer. Vamos pensar em uma pessoa melhor, a Vivi. E se a Vivi coloca o dedo? Não, não pode, né Rafa? É brincadeira

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

O quadro 25, acima, apresenta uma mediação de contextualização (D-C&S), pela qual o professor justifica a seus alunos que, diferentemente das anteriores, a experiência retratada pela equipe de Tonomura não poderia ser realizada em sala de aula por causa dos riscos que a elevada tensão requisitada pela experiência traria a eles: “É uma experiência que não dá pra fazer aqui” (T33). Ainda no mesmo turno, o professor faz uma sutil gestão da participação (D-GPO), pela qual visa aproximar emotivamente os alunos da atividade desenvolvida. Nessa mediação o professor faz uso de uma ironia para recorrer ao humor e a empatia entre os alunos, conforme apresenta que, supostamente, um acidente envolvendo determinado aluno seria mais aceitável do que com outra aluna.

Em relação à Dimensão de Conteúdos, preponderam no Ato II interações discursivas relacionadas a técnicas e conceitos. Por intermédio destas, o professor realiza explicações a respeito do comportamento do elétron no experimento, bem como sobre o aparato

experimental adotado para registro de dados pela equipe de Tonomura, desenvolvendo o objetivo O1 “Conhecer uma técnica utilizada em laboratório de microscopia eletrônica para obtenção de dados”.

As imagens contidas no vídeo Double-Slit, citado no Quadro 26 (T34), abaixo, consistem em uma tela inicialmente escura, na qual, com o passar do tempo, surgem e se acumulam pontos luminosos brancos. Durante a exibição do vídeo o professor explica que os pontos luminosos representavam elétrons que sensibilizavam o detector conforme o atingiam (T35). Tais registros permaneciam na tela mesmo após o surgimento de um novo ponto, de forma que o resultado final ilustrava inúmeras interações de elétrons com o detector.

Quadro 26 - Transcrição do Ato II - Recorte B (T34 : T39)

Turno <Falante>: Transcrição
T34 <Prof.>: Então, o que que é importante? O vídeo original, ele dura uma hora. O próprio Tonomura, ele editou o vídeo e deixou bem menor. Tem um minuto, um minuto e dez segundos, pra que vocês possam trabalhar com ele... Então, um minutinho pra eu fazer a...
T35 <Prof.>: Esses pontos são os elétrons atingindo uma tela... E, aí, se ele é partícula ou é onda... e vai passando o tempo
T36 < ? >: Professor, não tô ouvindo nada [vídeo era sem audio]
T37 <Lena>: Parece estrelas, são as estrelas
T38 < ? >: Partículas
T39 <Lena>: Nossa, psor, a noite vai ficar assim

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Apesar do empenho do docente em expor que o vídeo exibido tratava de um fenômeno envolvendo elétrons, logo após sua explicação, alguns alunos associavam os pontos brancos na tela escura a um céu noturno estrelado (T37), demandando novos esclarecimentos por parte do professor. Esse episódio, pertencente à categoria D-C&S, ilustra que até mesmo aquilo que dentro da estrutura da investigação faria o papel de “dado”, necessita ser significado pelos membros daquela comunidade, ou seja, dados não são meramente “observados”, mas sim, interpretados como tal mediante interpretações dos participantes realizadas com base conceitual. Como esperado, evidenciamos aqui uma grande inter-relação entre contexto e subsídio. Isso ocorre à medida que aquilo que faz papel de subsídio para a resolução de uma atividade precisa ser contextualizado para ser compreendido e, de forma análoga, a compreensão de elementos de contexto de uma atividade, por vezes, demanda subsídios conceituais.

No caso em questão, percebemos uma forte concorrência entre a linguagem visual do vídeo, que resgata conhecimento prévio do aluno sobre algo que lhe é mais familiar, como um céu estrelado, e a linguagem oral adotada pelo professor, pela qual o professor procura fazer

uso do poder de persuasão do enunciado³⁴ para transformar em fato inscrições produzidas por equipamentos experimentais (inscritores) ao registrarem o comportamento do elétron.

No quadro 27, abaixo, podemos perceber que, simultaneamente à exibição do vídeo, o professor realiza interações discursivas pelas quais procura colaborar na significação do vídeo. Com isso, tanto o vídeo quanto a fala do professor fornecem informações sobre os comportamentos ondulatórios e corpusculares do elétron, iniciando o desenvolvimento dos objetivos O9 “Desenvolver subsídios para a investigação e para a argumentação” e O3 “Desenvolver hipóteses e modelos para o elétron”.

Quadro 27 - Transcrição: Ato II - Recorte C (T44 : T56)

Turno <Falante>: Transcrição
T44 <Prof.>: Imagina se vocês fossem uma hora, ia parecer poesia concreta em vídeo. Ia ter gente babando. Então, o que que vocês viram? Dava pra falar que o elétron era partícula já desde o início, né? Não tinha pontinho?
T45 <Nina>: Tinha
T46 <Prof.>: Bacana... aí, no final, o que apareceu? Só tinha pontinho ou tinha aqueles?
T47 <Nina>: Tinha pontinho
T48 <Prof.>: Se ele marca um ponto, ele é?
T49 <Nina>: Ponto, partícula
T50 <Prof.>: Partícula, mas se apresenta um padrão de difração, que era aquelas manchas claras e escuras, ele é uma?
T51 <Nina>: Onda
T52 <Prof.>: E agora? Ele foi pra tela, vocês tão vendo pontinhos? Pontinhos é partícula. Só que na hora que vocês passam no tempo. shhh!... Eh... na hora que você vê com o tempo de uma hora interagindo, aqueles pontinhos ficavam todos... tudo borrado como tava no começo? ou formou um padrão de difração?
T53 <Nina>: Padrão
T54 <Fred>: Difração
T55 <Prof.>: Ou seja?... E agora?
T56 <Nina>: E agora moio

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Inicialmente, os alunos foram levados a tomar consciência do caráter corpuscular do elétron conforme associavam a formação de pontos na tela com a ideia de partícula. Em seguida, lhes foi apresentado seu caráter ondulatório, uma vez que o padrão de interferência formado na imagem é típico de fenômenos de natureza ondulatória. Com isso, os alunos foram conduzidos a uma situação em que, em uma única configuração experimental, o elétron poderia ser compreendido por concepções que eram entendidas como distintas até aquele momento.

³⁴ Referimo-nos aqui à construção de fatos e persuasão de Latour e Woolgar (1997).

Também podemos reconhecer nesse episódio o desenvolvimento do objetivo O4 “Desenvolver habilidades de classificação”. Entendemos que, pela Dimensão dos Conteúdos, tal objetivo esteja tanto relacionado à categoria C-Tec, uma vez que classificar é uma técnica usual da ciência, quanto à categoria C-Con, já que classificar requer o domínio de conceitos para o estabelecimento das categorias.

Por meio da Dimensão Didática, temos que tanto a exibição do vídeo quanto as discussões necessárias para sua interpretação, também assumem papel estrutural de subsídio para o restante da atividade (D-C&S), já que se espera que os elementos vistos nesse momento sejam levados em consideração pelos alunos quando estes forem apresentar, justificar e qualificar suas proposições para o elétron.

Pela perspectiva epistêmica, percebemos que o professor desenvolveu um encadeamento de turnos de fala (T44, T46, T48, T50) que demandavam do aluno qualificações das aduções que o professor realizava (E-IQA). Tal condução, apesar de requisitar a participação dos alunos, foi realizada de forma a chegar a conclusões específicas, previamente conhecidas pelo professor. Pela perspectiva de análise oferecida por Mortimer e Scott (2002) quanto à abordagem comunicativa, podemos dizer que, nesse recorte, o ciclo E-IQA foi adotado para promover um discurso que, embora interativo, teve pouca dialogicidade.

Quadro 28 - Transcrição: Ato II - Recorte D (T57 : T66)

Turno <Falante>: Transcrição
T57 <Prof.>: Anotem suas informações do vídeo, não esqueçam de colocar nome. Ainda tem mais um vídeo. [Distribui folhas nas bancadas] Não vai ter que entregar ainda... ãhh... Vimos esse vídeo agora e daqui a pouco vai ter outro. Escrevam só as suas impressões
[...]
T60 <Prof.>: Primeira parte é colocar as impressões sobre o vídeo que vocês viram agora
T61 <Rafa>: Professor, o que que eu vou colocar agora? O elétron {inaudível}
T62 <Prof.>: O que que você acha? Pessoal, o que vocês vão anotar na folha agora?
T63 <Prof.>: Joel! Não gosto de ficar chamando a atenção toda a hora, mas por isso que eu prefiro que vá no banheiro. Pessoal, anotar agora as... o que que vocês pensam sobre o vídeo que vocês viram agora
T64 <Nina>: Tem que copiar a pergunta?
T65 <Prof.>: Não! É só pra colocar a sua impressão, se o vídeo... isso que vocês viram... Pessoal, aquele experimento que tava aqui, que fez aqueles anéis verdinhos, imagina agora eu colocando uma intensidade...Oi... shhh!
T66 <Prof.>: Lembram do tubo de raios catódicos fazendo os anéis verdes? Na hora que ligava já aparecia o anel, não é isso? Agora, nessa experiência de Tonomura... que eu vou passar o vídeo de novo. O que vocês estão vendo na experiência é como se eu ligasse o aparelho e um elétron de cada vez fosse batendo na tela até fazer os anéis. Eu ia demorar uma hora... em vez de aparecer o negócio, os anéis direto... ia demorar uma hora pra formar os anéis. Isso se eu tivesse máquina fotográfica. Se fosse um elétron de cada vez, vocês nem iam ver formar anel nenhum. Ia bater, pisca e apaga. Por que que tá aceso direto? Porque tem elétron batendo na tela branquinha direto. Aqui é uma câmera de vídeo. Eu vou passar o vídeo de novo, então

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

O episódio cujas falas estão transcritas no Quadro 28, acima, ocorre após a distribuição de material (folhas sulfite) para que os alunos registrassem as impressões sobre o elétron fornecidas pelo vídeo. Neste episódio (T57, T60) temos o início das mediações didáticas de proposição (D-PA). Por meio destas, o professor intenta explicar o que deveria ser feito e, em específico, o que esperava que fosse registrado nas folhas.

Após mediações de participação, D-GPO (T63), talvez em função de ter percebido que os alunos estavam inseguros sobre como desenvolver o que havia sido solicitado, o professor começa a passar novas orientações sobre o que esperava que estes fizessem. Pela perspectiva oferecida pela Dimensão Epistêmica, entendemos que afloram nesse recorte dois aspectos relacionados com o nível da agência epistêmica, o quanto os alunos se sentem responsáveis por compreender a natureza do elétron e o quanto eles se entendem capazes de fazê-lo.

Aqui, acreditamos ser válido lembrar que a produção de conhecimento se dá sobre pressupostos, ou seja, as decisões e escolhas intrínsecas às práticas produtoras de conhecimento são feitas com base em conhecimentos anteriores tomados como fatos para aquela investigação. Talvez, suspeitando que a dificuldade dos alunos estivesse relacionada a conceitos e técnicas, o professor recorre (T66) ao que havia sido discutido em aulas anteriores e busca usar esses elementos para favorecer a compreensão do vídeo que haviam assistido. Após tais interações o professor reproduz o vídeo por mais uma vez.

Quadro 29 - Transcrição: Ato II - Recorte E (T69 : T75)

Turno <Falante>: Transcrição
T69 <Prof.>: O que vocês viram no vídeo, claro, escuro, claro, escuro... padrão de interferência
T70 <Denis>: Ela tem uma opinião aqui, professor: que parece estrelas
T71 <Prof.>: Fala...
T72 <Olívia>: [Inaudível]
T73 <Prof.>: Parece, né? Mas, assim... são os elétrons batendo numa tela e, nessa tela, eu tô filmando e, cada vez que aparece um pontinho, eu tô gravando esse pontinho. Quando a gente fala pontinho, poxa, é partícula. Esse aqui [refere-se a Beto] perguntou a semana inteira sobre isso. Agora você tá com bastante dúvida. Poxa, pontinho, é partícula. Fez padrão de interferência, é onda. E aí? Lembra que eu falei? Não podia dar a resposta. Me pegou três vezes na semana... Segura a folha...
T74 <Beto>: Professor, agora acho que é partícula
T75 <Prof.>: Mas será que ele não poderia ser os dois?... Pessoal, atenção, vou passar o outro vídeo agora

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

No Quadro 29, acima, pode-se perceber que, mesmo ao final da nova exibição do vídeo, a associação do exibido com o céu estrelado (T70, T73) persistia por parte de alguns alunos. Entretanto, nota-se também que as explicações e a segunda exibição do vídeo resultaram na mudança de posicionamento do aluno sobre a natureza do elétron (T74). Em

resposta, o professor explora esse posicionamento a partir de uma interação discursiva do tipo E-IQA, pela qual o professor aduz que o elétron poderia ser tanto onda quanto partícula e incita que o aluno considere e, portanto, qualifique essa hipótese. Com isso, temos que a partir desse tipo de interação da Dimensão Epistêmica (E-IQA) o professor atuou no discurso no primeiro nível do discurso epistêmico, ou seja, fornecendo elementos para a construção de proposições.

O professor também faz referência à participação do aluno Beto fora das aulas (T73), procurando o docente por diversas vezes durante a semana. Podemos identificar que o interesse do aluno ultrapassava a necessidade didática de apenas responder a pergunta para cumprir sua parte na atividade, entendemos que foi despertado um interesse pessoal no aluno. Esse engajamento (ENGLE; CONANT, 2002) dos alunos manifesta, a nosso ver, tanto um postura curiosa (O7), conforme este interesse pela natureza do elétron passou a ser um interesse pessoal, quanto seu interesse pela prática investigativa (O8), à medida que percebemos o empenho de tal aluno em descobrir a natureza do elétron.

Após exibir um slide contendo uma foto de microscópio eletrônico localizado em uma universidade e explicar seus custos e cuidados de operação e manutenção, o professor avisa aos alunos que irão assistir a um novo vídeo (T57).

4.3.3 Análise do Ato III: vídeo de Dr. Quantum

O Terceiro Ato tem duração de, aproximadamente, dezenove minutos e ocorre tendo como pano de fundo a exibição de um novo vídeo e as discussões sobre o mesmo. O vídeo exibido consiste em um desenho animado cujo personagem principal é um cientista que explica experiências que exploram o comportamento do elétron, ora como onda, ora como partícula.

No quadro 30, abaixo, temos que o ato inicia com mediações da Dimensão Didática. A partir destas (T104 e T106), visando contextualizar a exibição do vídeo (D-C&S), o professor indaga se alguém já o tinha assistido (T104) e fornece informações sobre o vídeo para familiarizar os alunos com o mesmo (T106) e estabelece relações entre o que seria exibido e as experiências em aulas anteriores. Apesar do predomínio das interações do tipo D-C&S, nota-se também esforços do professor em relação à mediação da participação (D-GPO). Nessa direção, percebe-se em T107 que o professor busca justificar para os alunos a necessidade da colaboração com a atividade.

Quadro 30 - Transcrição: Ato III - Recorte A (T104 : T107)

Turno <Falante>: Transcrição
T104 <Prof.>: Alguém já assistiu o filme "Quem somos nós?" ? Ótimo, mas o filme tem uns pedaços que são bacanas... Oi, boa tarde. Olá senhores!
T105 <Nina>: Olá
T106 <Prof.>: Nesse filme tem algumas animações, desenhos animados mesmo. E eu tenho um vídeo separado, falando sobre essa experiência e as experiências que vocês fizeram durante as aulas do curso
T107 <Prof.>: Só que eu vou pedir um pouco de silêncio, porque a caixa acústica que eu tenho aqui é pequena

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Para a exibição desse vídeo o professor adota a mesma estratégia que havia adotado no vídeo anterior (Double-Slit). Inicia com uma reprodução ininterrupta e sem comentários, depois, realiza uma breve explicação sobre o que ocorreu no vídeo e realiza uma nova reprodução, agora com pausas e comentários. Essa participação discursiva concomitante a exibição visava tanto colaborar na interpretação do que ocorria no vídeo quanto relacionar o que ocorria no mesmo com as atividades desenvolvidas em aulas anteriores. Com isso, vemos novamente a relação entre contexto e subsídio, uma vez que os elementos presentes no vídeo deveriam servir como dados para as discussões posteriores, mas mesmo a exibição do vídeo precisa ser contextualizada para que seja compreendida.

Assim, podemos perceber que a exibição de ambos os vídeos, (Double-Slit e Dr. Quantum), enquanto que pela Dimensão dos Conteúdos representam informações conceituais (C-Con) sobre o comportamento do elétron, pela Dimensão Didática representavam os dados necessários (D-C&S) para o desenvolvimento da argumentação que seria demandada na atividade final da aula. Dessa forma, a exibição e discussão dos vídeos representam o desenvolvimento do objetivo O9 “Desenvolver subsídios para a investigação e para a argumentação”.

Ao final das reproduções da animação, Quadro 31, abaixo, o professor coloca um slide com a pergunta “O elétron é o quê, mesmo?”. Pela perspectiva oferecida pela Dimensão Didática, temos que o professor atua na categoria D-GPO, à medida que distribui os textos que serão utilizados na atividade e ao passar pelas bancadas solicita que os mesmos a iniciem (T118). Também atua no contexto (D-C&S), conforme apresenta o vídeo e destaca elementos importantes ao desenvolvimento da atividade no trecho “Tem a outra experiência que mostra que foi colocado o detector, e o elétron voltou a se comportar como partícula e não como onda” (T118); e, por fim, desenvolve a proposição da atividade (D-PA). Essa proposição, quando compreendida pela Dimensão Epistêmica é composta por incitações (E-Inc) “O que que é o elétron agora, para vocês? O que que é a matéria?” (T118) e por interações do tipo

IQA “Por que o elétron é o menor pedacinho da matéria pra poder trabalhar? Onda, partícula? Os dois, nenhum dos dois?” (T118).

Quadro 31 - Transcrição: Ato III - Recorte B (T117 : T124)

Turno <Falante>: Transcrição
T117 <Prof.>: Agora, continuando na sua folha, vocês... cada um de vocês, depois desses dois vídeos... depois do segundo vídeo, perdão. O elétron é o quê mesmo, agora?
T118 <Prof.>: O pessoal tá morrendo! [se dirigindo a pessoas que aparentavam estar dormindo] Então, agora... vocês viram a experiência do Tonomura. Tem a outra experiência que mostra que foi colocado o detector, e o elétron voltou a se comportar como partícula e não como onda. O que que é o elétron agora para vocês? O que que é a matéria? Por que o elétron é o menor pedacinho da matéria para poder trabalhar? Onda, partícula? Os dois, nenhum dos dois?
T119 <Kátia>: Partícula
T120 <Lúcio>: É os dois, ponto e acabou!
T121 <Kátia>: Partícula que se comporta como onda!
T122 <Fred>: Partícula que se transforma em onda!
T123 <Prof.>: Partícula que se comporta como onda? Onda que se comporta como partícula?
T124 <Kátia>: Uma partícula... que se comporta como onda

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

4.3.4 Análise do Ato IV: entrevista com A. Tonomura

O quarto ato inicia com a leitura em voz alta do texto “Entrevista com Akira Tonomura” pelo professor. Depois de ler alguns parágrafos, o professor solicitou que algum aluno se voluntariasse para continuar a leitura. Como ninguém se prontificou, o professor passou a indicar os alunos que continuariam a tarefa de ler.

Pela gravação da aula percebemos que poucos alunos acompanhavam a leitura. A atividade de leitura coletiva era prejudicada ora pela dificuldade dos oradores em ler em voz alta, ora pelos colegas que caçoavam das dificuldades dos oradores. Já que, mesmo após algumas trocas de oradores, a situação persistia, o professor retoma para si a função de leitor e a mantém até a conclusão do texto.

Sobre o conteúdo do texto, o mesmo simulava um artigo de revista contendo uma fictícia entrevista com Akira Tonomura. Este texto dialogava com as três categorias da Dimensão dos Conteúdos, à medida que abordava propriedades da natureza do elétron (C-Con), procedimentos e hipóteses levantados na experiência da equipe de Tonomura (C-Tec) e características gerais do fazer científico, como o aumento do número de integrantes das equipes de pesquisa ocorrido na ciência moderna (C-NIC), conforme mostra o Quadro 32.

Quadro 32 - Transcrição: Ato IV - (T131 : T187)

Turno <Falante>: Transcrição
T131 <Prof.>: Bem, vamos lá então. É uma boa pergunta... Agora, a gente tá com a leitura do texto. É a entrevista do Akira Tonomura. De novo, era pra ser uma entrevista... as questões seriam passadas pra ele, mas, infelizmente, ele faleceu antes do... disso ocorrer
...
T136 <Prof.>: shhh!
...
T138 <Prof.>: Lembra, o J.J. e o G.P. Thomson trabalharam sozinhos e aqui eu tenho Tonomura, Endo, Matsuda, Kawasaki e Esawa. Então já são cinco
...
T142 <Prof.>: shhh!... Vocês estão seguindo a leitura?
T143 <???:>: Estamos [alguns alunos respondem]
T144 <Prof.>: Você tá seguindo a leitura? Não tá! A gente está na página 51
T145 <Prof.>: "Dando a nossa contribuição..." [retoma a leitura]
T146 <Prof.>: Tinha gente querendo saber assim "poxa, e o elétron, é onda, partícula, tal, tudo mais", vamos ver. Cada um pode ter sua opinião... trabalhar, vamos lá... Quem continua? [a leitura]
...
T162 <Prof.>: Akira Tonomura! [orientando sobre o ponto da leitura] Isso ele já falou... Vamos lá, Akira Tonomura...shhh!... Vamos lá.
...
T187 <Prof.>: De novo, vocês vão ver que os textos têm uma parte em itálico e uma parte em normal. Quando tá normal, a gente é que tá escrevendo, quem montou o texto fui eu. Quando tá em itálico é só uma tradução, uma versão do texto original. Então, quando ele fala sobre as dificuldades dos experimentos, quando ele fala do trabalho do Feynman, é em itálico. Então, agora, o que interessa a vocês...

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Pela perspectiva didática, a leitura do texto, assim como o uso dos vídeos, assumiria a função de ser subsídio (D-C&S) para o desenvolvimento tanto da própria atividade a qual o material fazia parte quanto para as discussões de atividades seguintes. Entretanto, ao final da leitura, o professor optou por não realizar a discussão prevista que tinha como tema a leitura do texto e decidiu já iniciar a atividade seguinte.

Como as razões para tal mudança não foram apresentadas durante as entrevistas, elencamos três aspectos que poderiam ter contribuído para essa mudança. O primeiro estaria relacionado com a dificuldade apresentada pelos alunos para acompanharem e, conseqüentemente, para compreenderem o texto. Tal dificuldade, aliada aos aspectos seguintes, pode ter levado o professor a desistir de trabalhar diretamente o texto. Já os outros dois aspectos relacionam-se com a intenção do professor de trabalhar mais que dois segmentos da estrutura da SEI naquele encontro, sendo que nos encontros anteriores haviam sido desenvolvidos apenas um segmento por encontro. Com isso, outro aspecto seria que o menor tempo disponível para cada atividade levaria o professor a escolher entre suprimir uma das atividades daqueles segmentos ou a sacrificar o tempo disponível para o trabalho sobre os materiais daquelas atividades, como no caso o trabalho com o texto. Por fim, o terceiro

aspecto está relacionado com a semelhança da temática das discussões esperadas para cada atividade. Como a SEI quando desenvolvida havia sido pensada para ser implementada em um curso regular, dispondo de dois encontros semanais de apenas uma aula cada, as discussões coletivas ocorreriam com um intervalo de tempo maior entre elas. Talvez o professor tenha percebido que o fato de ter as três discussões em um único encontro fosse cansativo para os alunos.

4.3.5 Análise do Ato V: proposição da atividade

As interações discursivas deste quinto ato se constituem tendo com pano de fundo a proposição da última atividade da aula (D-PA). No início desse ato, o professor propõe aos alunos que componham um cartaz contendo suas ideias a respeito da natureza do elétron. Vale destacar que aquilo que de fato foi solicitado vai além da composição dos cartazes com base em ideias já constituídas. A atividade demanda justamente que os alunos desenvolvam suas convicções antes de representá-las no cartaz, conforme é possível compreender com o exposto no Quadro 33, a seguir.

Quadro 33 - Transcrição: Ato V - Recorte A (T190 : T200)

Turno <Falante>: Transcrição
T190 <Prof.>: Então, agora é com vocês... vocês..., vocês vão montar um cartaz em branco ... vocês vão montar um cartaz com as informações de hoje... Então, pra vocês, o elétron é onda? É partícula? Ou depende?
T191 <Jeff>: Depende
T192 <Fred>: Depende
T193 <Prof.>: Depende do quê?
T194 <Fred>: Se ele tá na água...se ele tá na água, ele é onda
T195 <Prof.>: Não, o elétron. Na água são as ondas de água
T196 <Fred>: Na água ele é onda
T197 <Prof.>: Podem responder. Oi, podem responder... E o elétron, é onda ou partícula?
T198 <? >: Partícula
T199 <Kelly>: Partícula
T200 <Prof.>: Com base no quê?

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Quando o professor solicita aos alunos que explicitem tanto aquilo que acreditam que seja o elétron quanto suas razões para tal (T200), devemos ter em mente que processos demandados para oferecer tal resposta são complexos e nada imediatos para o aluno. Esta demanda traz, de forma implícita, que os alunos deverão desenvolver um modelo que explique o comportamento do elétron. Embora possamos dizer que já haviam sido apresentados dois modelos para o mesmo, o corpuscular e o ondulatório, durante as atividades

foram explicitadas claras limitações de ambos os modelos. Caberia ao aluno, ou desenvolver um desses modelos de forma que este passasse a explicar as situações que só o outro modelo dava conta, ou desenvolver novo modelo que já permitisse explicar todas as situações vistas.

Embora a elaboração de um modelo seja uma atividade científica bastante complexa e cuja compreensão ultrapassa o escopo da presente pesquisa, temos em nosso sistema analítico alguns elementos que podem nos auxiliar na compreensão de como a participação do professor colabora nessa atividade. Pela perspectiva didática, temos que a elaboração de modelos nessa atividade demande diversos subsídios (D-C&S), dentre eles, alguns de caráter teórico-experimental como: compreensão de dados, que no caso foram fornecidos pelos vídeos e pela leitura de texto e significados pelas discussões coletivas e pelas explicações do professor; compreensão de conceitos, que no caso relaciona-se com as características de onda e partículas; compreensão experimental, que no caso envolve relacionar os diferentes aspectos oferecidos pelas diferentes configurações experimentais; bem como o desenvolvimento de habilidades práticas que, como vimos em nosso referencial, são desenvolvidas e negociadas por meio da participação na própria comunidade e podem ser compreendidas pela Dimensão Epistêmica.

Embora do ponto de vista conceitual seja possível certa separação entre o aspecto lógico-cognitivo envolvido na elaboração de uma proposição teórica justificada (como uma explicação, um modelo) e o aspecto discursivo-social envolvidos na elaboração e negociação dessa proposição, entendemos que, em situações de análise do discurso de sala de aula, tais processos se manifestem de forma indissociável, ou seja, o desenvolvimento de um modelo somente pode ser percebido conjuntamente com sua manifestação por meio das práticas epistêmicas.

No quadro 34, abaixo, podemos perceber que o professor (T201) procura explicar o que seria o processo de justificação. Para tanto, busca ilustrar a importância dos dados para que se atinja determinada conclusão. Pela Dimensão Epistêmica, temos que o professor participa do discurso epistêmico a partir de uma adução (E-Ad) que visa constituir junto àqueles agentes a prática da justificação.

Quadro 34 - Transcrição: Ato V - Recorte B (T201 : T214)

Turno <Falante>: Transcrição
T201 <Prof.>: Pessoal, pra vocês tomarem uma decisão, tem que olharem os dados. Quais são os dados que vocês têm? O elétron sempre se comporta como partícula?
T202 <Kelly>: Não
T203 <Prof.>: Sempre como onda?
T204 <Kelly>: Não
T205 <Prof.>: Então, eu posso falar que ele é partícula? Que ele é onda?

T206 <Lair>: Não
T207 <Prof.>: Ou ele tem apenas o comportamento?
T208 <Nina>: Ai, a preguiça
T209 <? >: Ah, professor
T210 <Prof.>: Pessoal, não sairei daqui...Só aguardando respostas
T211 <Prof.>: Vocês estão com medo de responder?
T212 <? >: O quê, professor?
T213 <Prof.>: ãhn?... Preguiça de pensar?
T214 <Guga> : Qual que é a pergunta? que eu respondo!

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Pela perspectiva didática, podemos ver que as interações que estavam voltadas a proposição da atividade (D-PA), conforme se chega ao final desse episódio, passam a colaborar com os alunos no desenvolvimento da mesma. Tal colaboração mostra-se especialmente necessária no caso, já que, embora a atividade estivesse apresentada, havia pouca participação dos alunos em oferecer o tipo de resposta que o professor esperava. No turno T205 o professor procura auxiliar os alunos a começar a pensar na questão colocada, para tanto o mesmo realiza aduções (E-Ad) pelas quais disponibiliza novos elementos a serem considerados. Ainda nesse recorte, podemos perceber também que, em T210 e T212, o professor atua na gestão da participação (D-GPO).

4.3.6 Análise do Ato VI: discussões nos grupos

O sexto ato teve como pano de fundo os momentos em que o professor se deslocava de bancada em bancada para discutir com os integrantes de cada grupo a respeito de seus entendimentos sobre a natureza do elétron. Subdividimos esse ato em episódios, de forma que cada uma dessas unidades estava relacionada com a passagem do professor por determinado grupo de alunos.

Pela perspectiva oferecida pela Dimensão Didática, podemos perceber que as interações discursivas desse ato desenvolvem-se com o professor colaborando com os alunos no desenvolvimento da atividade (D-CDA). Por sua vez, a compreensão de como o professor colabora com esse desenvolvimento será oferecida pela Dimensão Epistêmica.

Como veremos no Episódio 1 (Quadro 35), abaixo, as interações iniciais do professor se assemelham àquelas realizadas no final do quarto ato, que visavam explicitar para os alunos que suas proposições precisariam ser justificadas (E-Inc). Dessa forma, tais interações discursivas relacionavam-se com necessidade dos alunos agirem sobre o conhecimento (T219), ou seja, de exercerem a agência epistêmica. Apesar das incitações (E-Inc) pelas quais

o professor demandava uma resposta justificada por parte dos alunos, persistiram as interações contendo apenas um posicionamento simples, desprovido de justificativa (T217, T218).

Quadro 35 - Transcrição: Ato VI - Episódio 1 - Recorte A (T215 : T225)

Turno <Falante>: Transcrição
T215 <Prof.>: A pergunta é: "E o elétron"?
T216 <? >: Mas professor...
T217 <Denis>: É partícula
T218 <Guga>: É onda, é onda
T219 <Prof.>: Mas com que base? Qual que é a sua...? Você fala que ele é onda, por quê? Com que base? A gente fez várias experiências. Então, ele é onda pois acontece isso, isso e isso. Ou, ele é partícula pois acontece isso, isso e isso
T220 <Denis>: Eu acho que é partícula
T221 <Prof.>: Tem que ser em cima dos dados
T222 <Denis>: Eu acho que é partícula, porque quando ele bate {...} depois ele junta de novo, ué {inaudível}... ele vai para um lugar específico
T223 <Guga> : Ele vai para onde ele tem que ir
T224 <Beto>: Professor, não tem como explicar!
T225 <Denis>: Ó, porque, tipo assim...

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Ainda nesse episódio (Recorte B, apresentado no Quadro 36, abaixo), temos uma colaboração do professor um pouco diferente das anteriores. No turno (T230), o professor realiza uma adução (E-Ad) pela qual sugere ao aluno que, além de representar suas ideias por meio verbal e gestual, recorresse também à representação gráfica em papel.

Quadro 36 - Transcrição: Ato VI - Episódio 1 - Recorte B (T229 : T234)

Turno <Falante>: Transcrição
T229 <Beto>: Se ele fosse partícula e passasse pela fenda, ou era para ele tá... Tipo... só com o... ah, eu não sei explicar!
T230 <Prof.>: Faz um desenho! Assim, todo mundo tá com dúvida... e a ideia é essa. E a partir da dúvida a gente precisa...
T231 <Beto>: Tipo, se ele passa pela fenda, é pra ele estar assim ó, Aí se ele passasse por duas...eu acho que ele poderia tá daquele jeito lá que tem um monte assim, porque daí as partículas lá iam se batendo e se espalhando, sei lá
T232 <Prof.>: Então, anota isso, as partículas iam se batendo entre elas e ele começa a se espalhar. Bacana, é isso que eu estou falando. Qual modelo que você está fazendo? Você pegou uma informação que é real. Eu vi aquele, aquela franja, como é que eu explico? Ah, que tava vindo sozinho e daqui a pouco bate naquela posição da sua franja, naquela posição e naquela outra posição... Você tá colocando que eles se encontram, se batem, bacana, coloca isso.
T233 <Beto>: Mas aí, depois é... depois o negócio acabou com a minha dúvida lá, que falou que tipo ia mandando de um em um... e aconteceu a mesma coisa!?
T234 <Prof.>: Primeiro você pensou em vários, anota isso. Primeiro eu pensei em vários. Anota isso

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Temos que esse tipo de colaboração atue no desenvolvimento de uma prática fundamental muito usual na ciência, que é a adoção de multimodalidade representacional.

Segundo Laburú, Barros e Silva (2011) a multimodalidade não só ofereceria alternativas para a comunicação, mas favoreceria a compreensão dos fenômenos, uma vez que cada sistema semiótico favorece determinados processos cognitivos. Temos que essa adução visou constituir uma prática científica naquela comunidade.

Ainda nesse mesmo turno (T230), também há uma participação do professor no discurso epistêmico que atua no nível da constituição da agência epistêmica. Isso ocorre quando este procura mostrar ao aluno que, dentro do contexto de uma aula investigativa, ter dúvidas seria algo positivo. Entendemos que nessa interação o professor colabore simultaneamente para o desenvolvimento de dois de seus objetivos: O8 e O6. Em relação ao objetivo O6, este é desenvolvido à medida da responsabilidade para com o conhecimento reside, justamente em levar o aluno a se considerar responsável por solucionar questões em aberto. Por outro lado, em relação ao objetivo O8, o professor precisa mediar a percepção do aluno sobre o problema, pois, como não é usual no ensino conservador que o aluno trabalhe por tanto tempo com um problema aparentemente sem solução, o mesmo pode se desanimar e perder o interesse.

Neste mesmo episódio, o professor realiza uma adução (E-Ad) pela qual volta a sugerir a representação em outro modal que, no caso, foi o registro escrito (T232 e T234). Temos que, enquanto no caso anterior a sugestão de outro modal visava oferecer novas possibilidades cognitivas para a compreensão do fenômeno, neste caso tal sugestão tinha por intuito dar respaldo à ideia do aluno, qualificando-a (E-Qual). Como havíamos apresentado no capítulo anterior, tendo em vista que o professor é reconhecido pelos alunos como autoridade epistêmica, sua proposição de registro, além de representar uma qualificação (E-Qual), modifica o status da proposição e das práticas epistêmicas envolvidas, legitimando-as. A legitimação do processo de produção de conhecimento que o aluno participou é importante para a manutenção de seu interesse pela investigação, também colaborando com o objetivo O8.

Quadro 37 - Transcrição: Ato VI - Episódio 2 - Recorte A (T241 : T246)

Turno <Falante>: Transcrição
T241 <Prof.>: O que que vocês andaram colocando aí?
T242 <? >: Partícula
T243 <Prof.>: Colocou partícula, mas qual que é a... qual é sua justificativa pra falar que é partícula? O que é que você viu nas nossas experiências, nas nossas aulas, pra falar que é partícula e ponto final?
T244 <Kátia>: Eu não acredito que ele seja somente partícula. Porque, se fosse só partícula... porque... Como que quando ele passa lá pela fenda ele vira... parece onda... ele se comporta como onda?
T245 <Prof.>: Será que utilizando a ideia de partícula você teria como explicar como ele faz? Como?
T246 <Kátia>: É porque... Ó, se a partícula tem uma trajetória

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Quando o professor visita o grupo seguinte (Episódio 2 - Quadro 37, acima), podemos observar que ao decorrer desse episódio desenvolve-se um padrão de interações semelhante ao ocorrido junto ao grupo anterior. Em seus momentos iniciais, ocorrem incitações (E-Inc) que demandam respostas justificadas. Temos também uma adução (E-Ad) pela qual o professor explica aos alunos sobre os requisitos necessários para a elaboração de uma proposição justificada (T243), atuando assim no desenvolvimento da prática epistêmica de justificação.

Podemos perceber ainda que a participação do professor no discurso epistêmico também atua no nível da proposição do conhecimento. Isso ocorre à medida que o professor colabora com a aluna Kátia na elaboração de sua proposição justificada. Em resposta a ideia apresentada pela aluna (T244), que o elétron não seria somente partícula, pois ao passar pela fenda passaria a ter comportamento de onda, o professor realiza uma interação discursiva (T245) do tipo E-IQA. Nessa interação, o professor apresenta a ideia de que apenas o modelo corpuscular poderia dar conta de todo o fenômeno e solicita que a aluna se posicione sobre essa possibilidade. As demais interações desse recorte voltaram-se à construção dessa explicação. Temos nesse recorte que o professor, por meio de sua participação no discurso epistêmico, colabora com o desenvolvimento de hipóteses e modelos para o elétron, promovendo o objetivo O3.

Quadro 38 - Transcrição: Ato VI - Episódio 2 - Recorte B (T259 : T279)

Turno <Falante>: Transcrição
T259 <Prof.>: Vamos ver lá {1,} rabisque [entrega folha para desenhar]
T264 <Kátia>: Essa fenda... ele passa, o elétron passa, né? e {inaudível} no vídeo teve o de macro, que era das bolinhas, ou... da... ah... de micro... ele passa e fica dividido pros lados
T265 <Prof.>: Tá, quando ele é partícula, ele vai ficar dividido do outro lado, aí você tem aqui...
T266 <Kátia>: Dois. Eu acho que pra se transformar em onda tem que ter alguma coisa aqui, ó, entre essa parte
T267 <Prof.>: O que que tem aí? Nesse material?
T268 <Kátia>: Pode ser um imã, ou...
T269 <Prof.>: Mas do que que é feita a matéria aqui? Aqui, não é matéria?
T270 <Kátia>: É. Não é o ferro?
T271 <Prof.>: Pode ser. Ferro, do que que é feito o ferro?
T272 <Kátia>: Metal?
T273 <Prof.>: Metal, do que que é feito o metal?
T274 <Kátia>: Elétrons
T275 <Prof.>: Elétrons, que mais?
T276 <Kátia>: Átomos
T277 <Prof.>: Átomos, tá. Então, tá cheio de átomo aqui no meio. Na sua sugestão, então, estes átomos estão atrapalhado os elétrons a passar?
T278 <Kátia>: É, porque deve ter algum que tá atraindo ele
T279 <Prof.>: Então, anota isso! É uma outra interpretação, bacana.

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Conforme visto no Quadro 38, acima, nesse processo de construção da explicação, ocorre uma intensa participação do professor (T267, T269, T271, T273, T275) por meio de interações do tipo E-IQA. Esse tipo de interação direciona o discurso, uma vez que traz consigo elementos a serem considerados pela aluna em sua explicação.

Ao final de diversas interações, quando a aluna oferece uma resposta que contém elementos que satisfazem o professor (T276), o mesmo realiza uma última incitação (E-Inc), agora apresentando os elementos construídos em colaboração com a aluna com o intuito de sistematizar a proposição (T277). Com uma estratégia semelhante àquela adotada no grupo anterior, uma vez satisfeito com o discurso desenvolvido com a aluna, o professor realiza uma última adução (E-Ad), pela qual sugere que a aluna registre sua resposta por escrito, qualificando a proposição por meio de uma sugestão de representação por outro modal.

O padrão de interações discursivas desenvolvido na terceira bancada também se assemelhava aos ocorridos durante sua passagem pelas bancadas anteriores. Após receber uma proposição não justificada de modelo por parte dos alunos, o professor conduziu o discurso com uso de interações do tipo E-IQA. Por meio destas, participava do discurso epistêmico colaborando no desenvolvimento de uma proposição justificada. Logo antes de aduzir (E-Ad) a sugestão de registro que legitimaria o trabalho daquele grupo, o professor realiza uma adução pela qual sistematiza a proposição que estava em elaboração (T297), como verificado no Quadro 39.

Quadro 39 - Transcrição: Ato VI - Episódio 3 - Recorte A (T286 : T297)

Turno <Falante>: Transcrição
T286 <Lair>: Pode ser onda e também partícula, depende de seu comportamento
T287 <Prof.>: Mas, como assim? Depende do comportamento do elétron? Ou de quem está observando?
T288 <Lair>: Do elétron, dele mesmo. Por exemplo, se ele for normal, sem aquele negócio que você faz, ele vai bater e depois ele vai se espalhar. Então ele pode ser onda
...
T291 <Prof.>: Você falou que o elétron, que se passar pelo quê?
T292 <Lair>: Pela fenda
T293 <Prof.>: Quem que coloca a fenda ali?
T294 <Lair>: Uma pessoa, o cientista
T295 <Prof.>: Uma pessoa, o cientista. Então, quem que alterou o comportamento? Foi o próprio elétron que foi pra fenda ou o cientista que colocou uma fenda na frente do elétron?
T296 <Lair>: O cientista
T297 <Prof.>: Então, isso que eu tô perguntando. Aí, no caso, você tá querendo colocar assim... o elétron chega, passa numa fenda, mas quem colocou a fenda foi o cientista. Então, aqui você tá falando o seguinte... ó, depende do que que o cientista quer ver, né, no seu comportamento. Aí caberia então, "vírgula, do que o cientista quer ver"

FONTE: Transcrição da gravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

O Quadro 40, abaixo, também se inicia com o mesmo padrão de interações discursivas do quadro anterior, com a participação do aluno Lair, que demonstra certo inconformismo com a situação. Embora no quadro anterior o professor tivesse legitimado sua proposição, Lair, insatisfeito, ainda queria que o professor dissesse o que era o elétron (T305). Em resposta o professor apenas explica que a proposição da aluna Vivi era semelhante à dele.

Quadro 40 - Transcrição: Ato VI - Episódio 3 - Recorte B (T299 : T308)

Turno <Falante>: Transcrição
T299 <Vivi>: Dependendo da intensidade do aparelho lá que solta os elétrons
T300 <Prof.>: Se ele jogar muitos elétrons, o elétron se comporta como partícula?
T301 <Vivi>: Como partícula? Não
T302 <Prof.>: Se ele jogar pouco, como onda?
T303 <Vivi>: Se ele jogar pouco, bem devagar, ele fica partícula. Agora, se jogar bastante e a uma velocidade maior, como onda. E, também, dependendo se colocar {inaudível} algo na frente...
T304 <Prof.>: Tá, você só descreveu um pouco melhor o que ele tá colocando. Então, se o ser humano entrar lá e mexer um pouco nas configurações, o elétron muda de característica. Perfeito, anota isso. É isso que a gente tem que ver, cada um
T305 <Lair>: Mas o que que é?
T306 <Prof.>: Ela tá colocando a mesma coisa, só que de uma forma diferente. Aqui, alterou o comportamento. Ela tá sendo mais específica, se alterar a intensidade que os elétrons estão saindo do filamento, quem que altera isso?
T307 <Lair>: O cientista
T308 <Prof.>: É, o cientista. Então, pra ela... ela tá colocando assim, "olha depende do cientista", aí eu vou... tá vendo, ou o experimento, né? Eu vou tá vendo se é partícula ou se é onda, ou o que quer que seja. Perfeito

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

No discurso de Lena (Quadro 41, abaixo), podemos perceber certo inconformismo em relação a legitimações dadas a proposições distintas. A aluna explicita que, a seu ver, somente uma das duas interpretações deveria ter o status de correta (T313). No turno seguinte, Lair demonstra compartilhar esse inconformismo (T314). Em resposta a essa situação o professor aduz (E-Ad) que haveria mais de uma interpretação possível para o elétron (T315) e que membros de outros grupos já haviam desenvolvido outras interpretações.

Quadro 41 - Transcrição: Ato VI - Episódio 3 - Recorte C (T309 : T315)

Turno <Falante>: Transcrição
T309 <Lena>: O professor, o cientista que controla o elétron?
T310 <Prof.>: Isso é na teoria dela
T311 <Lena>: Mas qual que é o certo?
T312 <Prof.>: ãhn?
T313 <Lena>: Qual que é o certo?
T314 <Lair>: Já tô ficando doido
T315 <Prof.>: Na próxima aula vocês vão ver. Eu vou adiantar uma coisa, que é importante pra vocês. Existem quatro interpretações, de várias possíveis, para o elétron. O que ela e ele estão falando é uma das interpretações. O Beto falou uma outra interpretação e a Kátia já falou a terceira interpretação. Ainda falta uma. Vamos ver se a gente chega

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Ao final do terceiro episódio, no Quadro 42, abaixo, após o professor qualificar (E-Qual) positivamente o modelo do aluno Bruno (T323), Lair (T323) aparenta ter se conformado de que haveria mais de uma interpretação possível. Podemos perceber aqui a atuação do discurso sobre a concepção do aluno sobre a natureza do elétron, desenvolvendo o objetivo O3.

Quadro 42 - Transcrição: Ato VI - Episódio 3 - Recorte D (T317 : T325)

Turno <Falante>: Transcrição
T317 <Rafa>: {inaudível} se colocar muita intensidade, se colocar muita intensidade no aparelho ele pode se comportar como onda, mas se eu colocar pouca intensidade pode ser, pode se comportar como partícula
T318 <Prof.>: Isso aí é o que a Vivi tá colocando, não sei se é exatamente assim, mas tá falando que depende do cientista, de como ele escolhe
T319 <Rafa>: Ó, eu coloquei isso... ó, se for pouca é partícula, se for muita é onda
T320 <Prof.>: Tudo bem
T321 <Rafa>: Eu entendi isso
T322 <Prof.>: Não, é uma interpretação sua. É isso que eu quero que vocês entendam. E aí a gente vai fechar, na hora que a gente fechar, vocês vão ver isso, são interpretações
T323 <Prof.>: Perfeito, aqui então você esta colocando que “a partícula se comporta como onda”, gostei... mas é assim, os átomos estão atrapalhando. Faltou explicar um pouco melhor, é... pois os átomos, essa agitação dos átomos, alguma coisa, eles tão atrapalhando essa... essa passagem do elétron
T324 <Lair>: Então é uma questão de interpretação, né professor?
T325 <Prof.>: É

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Nas interações iniciais do quarto episódio, apresentadas no Quadro 43, abaixo, temos que o aluno Denis explicita o uso do vídeo como evidência (T350) para sustentar sua proposição de modelo. Em T353, a partir de uma E-IQA, o professor solicita que o aluno explicita de que forma seu modelo explicaria determinada situação exibida no vídeo. Em resposta (T356), Denis aponta que a explicação de Beto já havia dado conta desse problema. Nessa situação, entendemos que Denis atuou nos três níveis epistêmicos por meio de seu discurso. Desenvolveu uma proposição justificada, qualificou positivamente a prática de seu colega e legitimou esse colega como agente epistêmico válido.

Quadro 43 - Transcrição: Ato VI - Episódio 4 - Recorte A (T347 : T357)

Turno <Falante>: Transcrição
T347 <Prof.>: É, o que que te levou a falar que é partícula? Eu vou perguntar isso pra cada um de vocês. Eu já perguntei pro Beto. Denis, você colocou o elétron o quê?
T348 <Denis>: Partícula
T349 <Prof.>: Você já tá com essa ideia fixa desde a outra aula, o que que te faz, o que que te faz pensar que o elétron é partícula e ponto?
T350 <Denis>: Ah, porque, no vídeo ali professor, porque quando ele bate, ele se espalha
T351 <Prof.>: Mas ele... esse espalhamento não poderia ser aleatório? Tem que fazer aquelas franjinhas lá? Aquelas barreiras lá?
T352 <Denis>: Ah professor, eu acho que... eu acho que não

T353 <Prof.>: Como é que você justificaria aquela... ter a parte branca e a parte escura? Ou seja, tem lugar que as bolinhas acertam mais que em outro
T354 <Denis>: Sim, as bolinhas acertam mais um lugar
T355 <Prof.>: Como é que você explica isso?
T356 <Denis>: Porque, tipo, que nem como o Beto disse, quando ela, meio que bate uma na outra, ela pode se espalhar, entendeu?
T357 <Prof.>: Mas o que que bate?

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

No Quadro 44, abaixo, uma interação que desperta nossa atenção é a realizada pelo aluno Joel. Este, embora não tivesse desenvolvido um modelo para o elétron, tenta participar do discurso (T359) e chega a apresentar elementos a serem avaliados (T366). Tais interações podem representar um indício de que mesmo aqueles alunos que não manifestem suas falas estejam participando passivamente do discurso epistêmico.

Quadro 44 – Transcrição: Ato VI - Episódio 4 - Recorte B (T358 : T369)

Turno <Falante>: Transcrição
T358 <Denis>: Os elétrons, as partículas
T359 <Joel>: Eu sei explicar... mentira, eu não sei não
T360 <Prof.>: Ó, aqui tem uma a fenda. O elétron vem aqui e bate?
T361 <Denis>: Isso, é
T362 <Prof.>: Bate no elétron que tá aqui na fenda?
T363 <Denis>: É
T364 <Prof.>: Ou nele mesmo?
T365 <Denis>: Não, no elétron que tá aqui
T366 <Joel>: Psor, a velocidade das bolinhas também conta, né?
T367 <Prof.>: Então tá... Então... você anotou isso?
T368 <Denis>: Não
T369 <Prof.>: Os elétrons se interagem

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Representando o final do episódio, no Quadro 45, abaixo, temos o aluno Bruno explicitando que desacredita que seja possível elaborar um modelo explicativo para o elétron (T370). Em resposta, o professor mostra-se preocupado com a apreensão do aluno e busca explicar que existem diversas interpretações para o elétron. Entendemos que a partir de interações como essa o professor atua sobre as concepções dos alunos sobre o conhecimento científico e sua produção.

Quadro 45 - Transcrição: Ato VI - Episódio 4 - Recorte C (T370 : T378)

Turno <Falante>: Transcrição
T370 <Beto>: Professor, não tem como explicar
T371 <Prof.>: Tem, é o que eu estava falando com eles
T372 <Beto>: Só se for com o vento então...

T373 <Prof.>: Não, tá, Denis. Só pra deixar vocês um pouco menos ansiosos, porque o curso quando foi pensando era pra aulas próximas, duas aulas na semana. O Beto durante essa semana passada... nossa, tava desesperado atrás de mim. É o seguinte, pra física quântica, a gente tem interpretações. E o que você está falando é uma interpretação, o que o Denis está falando é outra interpretação, a Kátia falou outra interpretação e aquele grupo levantou outra interpretação. Existem várias interpretações sobre a matéria, as mais utilizadas são quatro

T374 <Prof.>: Na próxima aula a gente vai ver e aí você vai poder falar assim, olha, a minha interpretação é essa aqui. Vão poder categorizar. A minha é... eu não posso falar agora pra vocês não procurarem e me sacanearem a aula. E a próxima aula é a última sobre o material, depois a gente vai preparar a culminância, né. Depois vocês vão poder falar: a minha ideia sobre o elétron bate com essa categoria, que tem tais cientistas falando sobre elas. Tem vários cientistas falando sobre ela. Então, é uma interpretação. Por isso que eu falei, anota a sua, porque depois eu vou entregar a sua e, ó, procura a sua naquela lista de interpretações. Tá bom? Lembra da sua, como que era?

T375 <Beto>: De novo professor?

T376 <Prof.>: Quero entender se você entendeu a sua

T377 <? > : Ah, entendi {inaudível}

T378 <Prof.>: Tá bom

FONTE: Transcrição da gravação do oitavo encontro (Apêndice A).

Evidencia-se aqui outro aspecto interessante a ser considerado ao se adotar uma abordagem investigativa. O trabalho com dados, as interpretações de evidências e as discussões sobre os produtos e processos da investigação demandam uma maior duração do trabalho com um problema. Tal fato faz com que o aluno tenha um contato mais longo com um problema ainda sem solução quando comparado com a duração habitual da rotina escolar conservadora. Esse maior tempo de contato com um problema que aparenta não ter solução pode levar aos alunos a se desmotivarem na busca por respostas, nesse sentido é importante que o professor promova mediações que leve os alunos a compreenderem também aspectos desafiadores das práticas investigativas. Entendemos que tais mediações relacionem-se com o desenvolvimento de uma postura investigativa responsável, trabalhando o objetivo O6.

Quadro 46 - Transcrição: Ato VI - Episódio 5 - Recorte A (T383 : T391)

Turno <Falante>: Transcrição
T383 <Prof.>: Você colocou onda e qual que é sua justificativa do porquê é onda?
T384 <Nina>: Por que é onda? Pelo jeito que... que separa, sei lá
T385 <Prof.>: Mas lá na tela não ficaram os pontinhos?
T386 <Nina>: Ficou
T387 <Prof.>: Mas, mesmo assim... é onda, por causa da?
T388 <Nina>: Porque separou tudo
T389 <Prof.>: Tem alguém que discorda aqui da bancada? Vocês vão comprar a ideia?
T390 <Leco>: Eu concordo
T391 <Raul>: Eu apoio

FONTE: Transcrição da gravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

O Quadro 46, acima, contém as interações discursivas do início do quinto episódio. Nele podemos identificar que o professor (T389), em resposta ao modelo apresentado pela aluna Nina, incita (E-Inc) os demais alunos a se posicionem a respeito desse modelo, qualificando-o. Podemos entender que houve, por parte dos alunos Leco e Raul (T390 e 391), uma qualificação positiva do modelo proposto. Esta qualificação dos alunos colabora com a legitimação do modelo e do agente responsável por sua elaboração. Entendemos que este tipo de incitação, que requer a participação dos demais alunos como qualificadores, favorece o reconhecimento do papel daquela comunidade em apresentar, justificar e qualificar as proposições, desenvolvendo assim o objetivo O6 “Desenvolver uma postura investigativa colaborativa e responsável”.

Quadro 47 - Transcrição: Ato VI - Episódio 5 - Recorte B (T392 : T402)

Turno <Falante>: Transcrição
T392 <Lúcio>: Eu acho que é os dois
T393 <Prof.>: Como assim?
T394 <Lúcio>: Eh, porque
T395 <Prof.>: Ela falou só de onda, perfeito! [refere-se a Nina]
T396 <Lúcio>: Porque... como as ondas batiam lá e, não é transferiam, como eu posso falar? Pelos vãosinhos lá?
T397 <Prof.>: Transmissão
T398 <Lúcio>: É, transmissão... e o outro também, quando lançava as bolinhas... Assim, as partículas, batia lá na lousa, é uma lousa né?
T399 <Prof.>: Isso, é lousa
T400 <Lúcio>: Eh, eu acho que é os dois
T401 <Raul>: Agora eu apoio ele
T402 <Prof.>: Olha só, eu tava passando já nas outras bancadas, como entre os encontros já tem um pessoal ficando desesperado, querendo saber as respostas, eu vou dar uma resposta. Existem quatro interpretações para ahh... as partículas. Existem mais interpretações do que essas quatro, mas essas quatro são as mais usadas. Na próxima aula, você vai poder falar sobre a sua

FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Todavia, como apresentado no Quadro 47, acima, temos o aluno Lúcio (T392) que discorda da proposição de Nina e oferece sua própria proposição. Conforme Lúcio justifica tal proposição (T398), o aluno Raul expressa ter mudado sua avaliação (T401), passando agora a concordar com a proposição de Lúcio. Vemos aqui que o discurso epistêmico, que teve Lúcio e o professor como interlocutores ativos, também atuou sobre os modelos daqueles que participavam passivamente dessa discussão, bem como no desenvolvimento da postura colaborativa e responsável (O6).

4.3.7 Análise do Ato VII: encerramento do encontro

Por fim, o sétimo ato ocorre após o professor ter percorrido as quatro bancadas. Com a proximidade do fim da aula, a aluna Kátia procura o professor e manifesta que gostaria de saber mais a respeito de proposições realizadas por outros alunos (T407 e T410). Vemos que, possivelmente, essa participação de Kátia seja uma manifestação de seu interesse e curiosidade a respeito das diversas proposições atingidas e das interpretações possíveis para o elétron, que poderia assim estar relacionada ao objetivo O7 “Desenvolver uma postura investigativa curiosa e questionadora”.

Após o professor ter informado sobre as múltiplas interpretações para a natureza do elétron (C-Con) para a aluna Kátia, alguns alunos começam a perguntar sobre a entrega do material produzido. Depois de fornecer suas últimas orientações sobre a entrega da atividade (D-PA), o professor encerra a aula.

Conforme o Quadro 48 apresenta abaixo, nesse último ato, podemos perceber uma mudança nos padrões de interação, havendo uma transição de uma preponderância de interações pertencentes à Dimensão Epistêmica para um predomínio de interações (T415, T417, T419) pertencentes à Dimensão Didática, havendo nesse último momento da aula uma retomada das orientações sobre a execução da atividade (D-PA).

Quadro 48 - Transcrição: Ato VII

Turno <Falante>: Transcrição
T406 <Prof.>: Não, tá certo. Você tava aqui quando eu falei das interpretações? Na física quântica a gente tem quatro interpretações básicas, geralzonas. Você tá com uma, o Beto tá com outra, aquela bancada tá com uma outra ainda
T407 <Kátia>: Mas o dela é diferente [se refere a Kelly]
T408 <Prof.>: Ótimo, porque são interpretações. Vai cair dentro dessas interpretações. Qual que é a...?
T409 <Prof.>: Não, tudo bem. Ou é magnético, ou é elétrico, que é o átomo, os dois de qualquer jeito...
T410 <Kátia>: E o dos meninos?
T411 <Prof.>: Vocês vão ver que as interpretações, a de vocês são diferentes em alguns pontos, mas são bem parecidas em outros. Perfeito... perfeito, é isso que eu quero. Vocês vão ver que tem várias interpretações. Tem interpretação igual a sua, interpretação igual a sua, mas que depois a gente junta em um bloco só
T412 <Kátia>: Igual a nossa?
T413 <Prof.>: É. Um bloco só é o que? Vocês estão falando, que tem alguma coisa no material que interfere na medição. Perfeito
T414 <Fred>: Era pra desenhar?
T415 <Prof.>: Sempre é bom desenhar
T416 <? >: E as folhas?
T417 <Prof.>: Se quiser ficar com o texto pode ficar, se quiser devolver pode devolver
T418 <? >: Tchau professor
T419 <Prof.>: Pessoal, atenção, encerrando, entregando

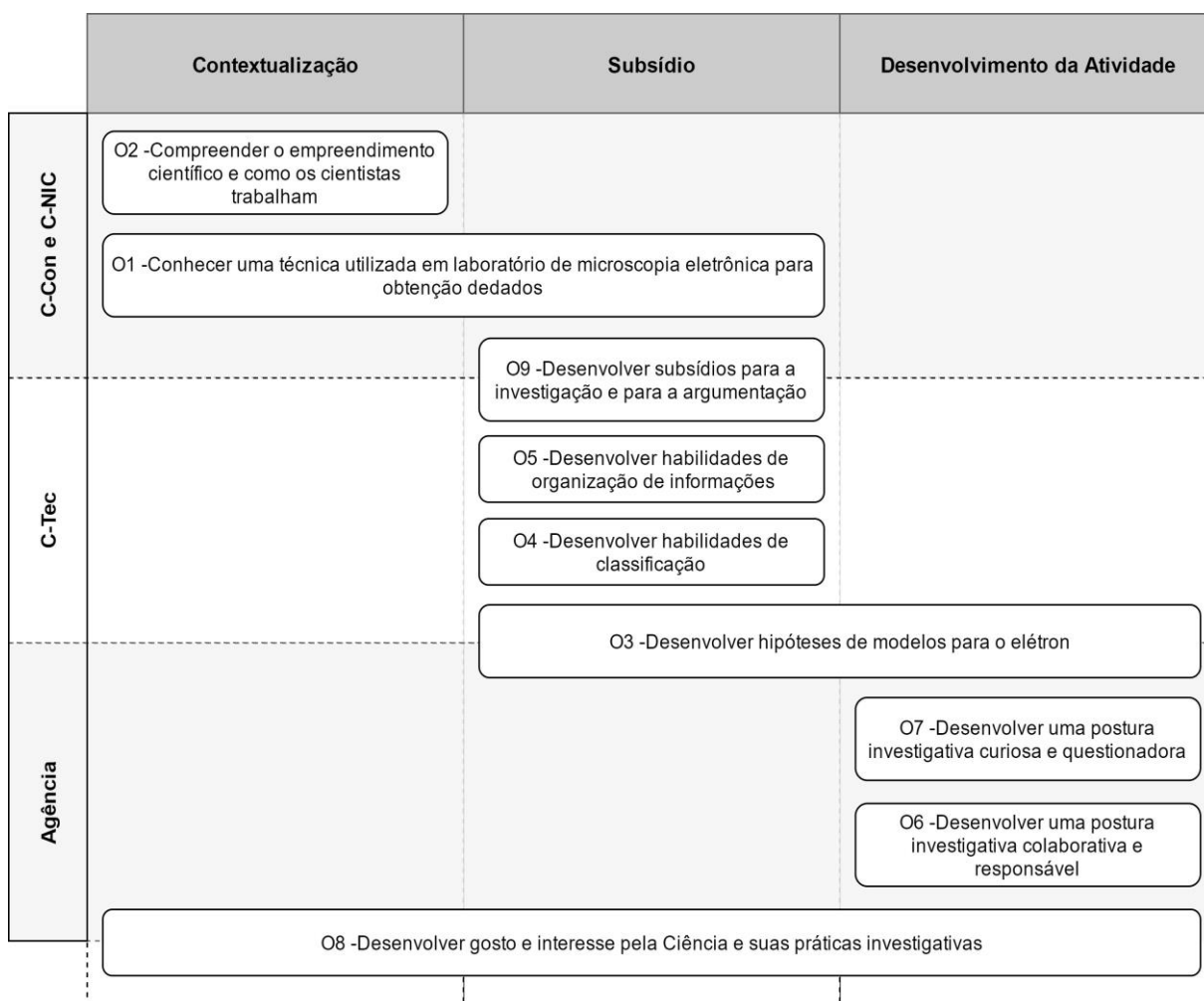
FONTE: Transcrição da videogravação do Oitavo Encontro (Apêndice A).

Com isso, encerramos essa terceira etapa de análise, que consistiu na adoção das categorias do sistema analítico para compreensão do discurso de sala de aula em seus diferentes momentos a fim de entender o papel de cada um deles para a SEI e de que forma se relacionavam.

4.4 Quarta Etapa de Análise - dos objetivos da SEI à caracterização das práticas do professor

Nessa quarta etapa verificaremos o papel efetivo que cada objetivo desempenhou em relação à estrutura da implementação. Além disso, buscaremos identificar de quais formas as práticas do professor favoreciam o desenvolvimento desses objetivos, dispostos no esquema da Figura 2.

Figura 2 - Objetivos Específicos: papeis e propósitos



FONTE: Próprio autor.

Iniciamos nossa análise pelo objetivo O2 “Compreender o empreendimento científico e como os cientistas trabalham”, desenvolvido principalmente no início do encontro, ao decorrer do primeiro ato. Entendemos que sua função estrutural no encontro seja a de estabelecer um contexto (D-C&S) para as demais atividades. Nessa direção, o professor, por meio de suas interações discursivas, indicava que as pesquisas científicas retratadas nas entrevistas³⁵ tiveram grande importância para a sociedade e que os países envolvidos nessas pesquisas continuam a ter elevado desenvolvimento econômico. Durante o desenvolvimento desse objetivo o professor realizou interações discursivas que favoreceram a participação dos alunos. Entretanto, vale notar que, embora os alunos participassem do discurso, a condução do mesmo se dava unicamente pelo professor. Este, fazendo uso de sua autoridade didática, apenas incita exemplos simples e demanda posicionamentos simples a respeito das proposições que aduzia (E-IQA). Dessa forma, uma vez que a participação dos alunos não tinha propósitos epistêmicos, isto é, de apresentar ou legitimar conhecimento, podemos considerar que houve somente o que denominamos discurso didático, no qual os alunos precisam responder às perguntas a fim de que o professor monitore suas compreensões. Com isso, vimos que o objetivo (O2), relacionado com um conteúdo do tipo C-NIC, além de sua importância intrínseca, assumiu papel estrutural de contextualizar (D-C&S) as demais atividades e foi conduzido por um discurso didático³⁶.

Outro objetivo desenvolvido ainda no segundo ato foi o O1 “Conhecer uma técnica utilizada em laboratório de microscopia eletrônica para obtenção de dados”. Tal objetivo, em relação a sua função estrutural na SEI, pode ser compreendido pela Dimensão Didática como pertencendo à categoria D-C&S. Seu desenvolvimento se deu principalmente durante a exibição da imagem do microscópio eletrônico, na qual o professor apresentou diversas informações a respeito dos custos do aparelho e das condições controladas necessárias para sua operação, desenvolvendo um contexto e também trabalhando a categoria C-NIC. Podemos especular³⁷ que, caso o discurso docente em torno da imagem tivesse se voltado a também desenvolver subsídios para a atividade seguinte, como por exemplo, ao explicar sobre os princípios gerais de funcionamento desse tipo de aparelho, tal discussão favoreceria a

³⁵ Três entrevistas fictícias, com J.J. Thomson, G.P. Thomson e A. Tonomura, trabalhadas em encontros anteriores.

³⁶ A caracterização como didático em detrimento a epistêmico não tem o intuito de estabelecer juízo de valor, intentamos apenas compreender a forma que cada elemento estrutural é desenvolvido.

³⁷ Tal observação ilustra a possibilidade de que o discurso em torno da leitura de uma imagem possa se desenvolver de forma a assumir o caráter de contexto ou subsídio. Ressaltamos que tais observações a posteriori não sejam entendidas como deslizes do docente, uma vez que não está ao seu alcance prever todas as possibilidades de dúvidas.

interpretação do vídeo “Double-Slit” e, talvez, evitasse que a imagem formada por elétrons fosse interpretada como um céu estrelado, como a que vimos na discussão do segundo ato no Quadro 26.

Por sua vez, as discussões dos objetivos O7 e O9 estarão acompanhadas pela discussão da estrutura da SEI e de sua questão central de investigação: “a interpretação da natureza do elétron”. Muito embora, em um primeiro momento, pudéssemos pensar que a interpretação da natureza do elétron pelos alunos poderia ser entendida como um simples processo de classificação, veremos adiante que os elementos envolvidos nessa questão ultrapassam tal habilidade investigativa.

Quando pensamos no processo de classificação, podemos dizer que um de seus aspectos fundamentais seria o estabelecimento de categorias de classificação. No caso, como aquilo que se pretende classificar é a natureza do elétron, as categorias de classificação foram os modelos corpuscular e ondulatório de comportamento da matéria. Embora características do modelo corpuscular, como posição e trajetória, e características do modelo ondulatório, como interferência e difração, tenham sido desenvolvidas principalmente em encontros anteriores, também no presente encontro tivemos momentos que manifestaram o trabalho com esses modelos. Podemos entender que o desenvolvimento de tais características sejam subsídios fundamentais para a elaboração de categorias de classificação e, portanto, constituem subsídios para a própria investigação. Dessa forma, o trabalho com estas características representa a promoção do objetivo O9 “Desenvolver subsídios para a investigação e para a argumentação”. Sob tal perspectiva, identificamos nas análises das interações discursivas a presença destes conceitos e características tanto nas falas do professor quanto nas falas dos alunos. Na participação discursiva do professor, o desenvolvimento de tal objetivo ocorria nos momentos associados à exibição dos vídeos³⁸. Nestes momentos, o professor realizava aduções (E-Ad) e incitações (E-Inc) a respeito das imagens que os alunos viam, colaborando com as interpretações dos alunos a respeito dos eventos assistidos.

Se, por um lado, o processo de classificação demanda que sejam estabelecidas categorias de classificação, por outro, tal processo também requer que se conheça o objeto que se pretende classificar. No caso em questão, o conhecimento a respeito do elétron se dá à medida que se conhece os comportamentos que este manifesta quando submetido a situações experimentais distintas. Nesse sentido, os vídeos trabalhados nesse encontro, além de retomarem características dos dois modelos comportamentais, também forneceram diversas

³⁸ Vídeos: Double-Slit e Dr. Quantum.

situações experimentais distintas e os respectivos comportamentos manifestados pelos elétrons. Com isso, tais momentos também representaram o desenvolvimento de requisitos para a investigação (O9). A participação do docente visando desenvolver o conhecimento a respeito do comportamento do elétron também se deu durante as exibições dos vídeos e o desenvolvimento das características dos dois modelos.

Uma vez exibidos os vídeos e desenvolvidos os dois aspectos necessários para o processo de classificação, poderíamos pensar que bastaria que alunos organizassem as diversas informações, desenvolvendo o objetivo O5 “Desenvolver habilidades de organização de informações”, para que pudessem definir sua interpretação sobre a natureza do elétron. Entretanto, o problema colocado aos alunos ia além de uma simples classificação, uma vez que os comportamentos apresentados pelo elétron nas diversas situações não podiam ser explicados completamente por nenhum dos dois modelos desenvolvidos. Por conseguinte, a possibilidade que restava aos alunos era a de eles mesmos desenvolverem um modelo para o elétron, justamente a tarefa representada pelo objetivo O3 “Desenvolver hipóteses e modelos para o elétron”. Entendemos que o desenvolvimento desse modelo possa se dar a partir do aprimoramento de um dos modelos anteriores, de forma que este passe a explicar as situações não contempladas, como também de um desenvolvimento completo de um novo modelo, pensado de forma a contemplar todas as situações apresentadas.

Segundo nossa concepção teórica, entendemos que tanto hipóteses quanto modelos sejam elementos do discurso epistêmico, cuja proposição tem objetivos de persuasão, ou seja, são proposições que precisarão ser apresentadas, justificadas e qualificadas, a fim de se legitimarem dentro de uma comunidade. Com isso, podemos entender que o desenvolvimento de modelos e hipóteses para o elétron se dará por meio das práticas epistêmicas e, portanto, ocorrerá na forma de discurso epistêmico.

Em relação ao discurso de sala de aula, o desenvolvimento de hipóteses e modelos para o elétron ocorreu justamente no ato mais repleto de interações discursivas (Ato VI). Na análise desse ato, verificamos que a participação do professor em direção a desenvolver as práticas epistêmicas envolvidas em uma proposição justificada ocorreu de duas formas distintas. Na primeira, o professor procurou ensinar esta prática de uma forma mais expositiva e formalizada, explicando os elementos necessários para se elaborar uma justificativa, “Tem que ser em cima dos dados” (T221) e “Pessoal, pra vocês tomarem uma decisão, tem que olharem os dados” (T201). Já na segunda forma, o professor procurou desenvolver tal prática por meio de sua participação no discurso epistêmico.

Ainda a respeito da análise do sexto ato, percebemos que duas situações importantes ocorreram durante o mesmo: um trabalho mais significativo dos objetivos O6, O7 e O8, e o desenvolvimento de uma atividade colaborativa (D-CDA). O fato de ambas as situações terem se apresentado neste ato reforça a ideia de que o processo para obtenção desses objetivos se daria, justamente, por meio da participação dos alunos em práticas investigativas.

Na análise dos atos anteriores, vimos que o professor incitava a apresentação de exemplos ou posicionamentos simples sobre as ideias aduzidas (E-IQA). Naquelas situações, embora fosse demandada a participação dos alunos, os elementos aduzidos (E-Ad) pelo discurso do professor apenas permitiam qualificações e respostas convergentes a uma única ideia. Tal situação também era compreendida pelos alunos e estes, ao participarem, procuravam fornecer as respostas esperadas pelo professor. Assim, apesar de termos proposições e qualificações, o discurso não visava legitimar tais proposições, mas sim trazer a tona os entendimentos dos alunos. Nessas situações a participação dos alunos ocorria em função das atribuições de seus papéis institucionais como alunos, ideia que se aproxima daquilo que Jiménez-Aleixandre (2000) havia proposto como “doing the lesson” [fazendo a lição, tradução nossa]. Haveria em situações como essa um discurso epistêmico ilusório, no qual os membros apenas aparentam negociar proposições, mas tais proposições já estavam de antemão legitimadas pela autoridade epistêmica do professor.

Logo antes do início do sexto ato, por meio de sua autoridade didática, o professor havia proposto a atividade (D-PA) e estabeleceu que os alunos deveriam trabalhar em grupos e que seriam os próprios alunos os agentes responsáveis pela solução do problema apresentado na atividade. Entendemos que tal atribuição, associada a um papel mais ativo dos alunos, relaciona-se com o desenvolvimento do objetivo O6 “Desenvolver uma postura investigativa colaborativa e responsável”.

Enquanto que nos atos anteriores, a autoridade epistêmica do professor era usada para apresentar proposições já legitimadas e caberia aos alunos apenas interpretar tais proposições, no sexto ato, o professor assume um novo papel e participa de diversas formas do discurso epistêmico. Em relação ao primeiro nível de atuação do discurso epistêmico, o professor colabora aduzindo elementos para a proposição e formas de representação que possam facilitar a elaboração das preposições. Devido a sua autoridade epistêmica e didática, tal colaboração faz com que os alunos suponham que o direcionamento de seus trabalhos é adequado. Já em relação ao segundo nível, o professor atua no papel de comunidade crítica, incitando (E-Inc) justificativas e questionando sobre elementos omitidos nas proposições, além de qualificar (E-Qual) suas proposições. Em relação ao terceiro nível, essas mesmas

qualificações atuavam também sobre suas participações nas práticas epistêmicas. Também podemos perceber a atuação do professor nesse terceiro nível quando o mesmo incitava (E-Inc) a qualificarem as proposições de colegas ou quando mostrava que ter dúvidas ou dificuldades era usual dentro de investigações.

Assim, vimos que a principal forma pela qual o professor promove o desenvolvimento dos objetivos O6, O7 e O8 é por meio de sua participação no discurso epistêmico, como agente diferenciado que colabora com os alunos na resolução do problema, tanto auxiliando na elaboração de proposições quanto exercendo papel de comunidade crítica. Com isso, vimos no decorrer dessa seção as principais formas pelas quais o professor participava do desenvolvimento dos objetivos desse encontro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme havíamos apresentado ao início dessa pesquisa, o propósito desse trabalho envolve compreender de que formas a participação do professor no discurso de sala de aula colabora com a obtenção de seus objetivos em uma aula investigativa. Para tanto, desenvolvemos uma pesquisa qualitativa, do tipo estudo de caso, que investigou a implementação do material instrucional de uma SEI que versava sobre a dualidade onda-partícula para o elétron. Vimos também que este estudo surgiu a partir da possibilidade de investigarmos uma aula investigativa que seria realizada por um professor que conhecia tanto a abordagem didática do Ensino por Investigação quanto tinha domínio conceitual do conteúdo trabalhado nessa abordagem. No caso em análise, fomos favorecidos pelo fato do professor que implementaria o material instrucional ser o próprio autor desse material, assegurando, assim, as duas condições necessárias.

No capítulo de metodologia desta pesquisa, mostramos que a SEI foi implementada em uma escola da Rede Estadual de Ensino no formato de uma disciplina eletiva do modelo de Ensino de Tempo Integral. A implementação foi realizada em nove encontros, cada encontro constituía-se de uma aula dupla (duas aulas de 50 minutos cada). Toda a implementação foi registrada em vídeo e posteriormente transcrita e tabulada. Além dos registros das aulas, a cada encontro o professor era entrevistado antes e após as aulas. Vimos ainda que, além de contarmos com os materiais obtidos com as gravações das aulas e das entrevistas, faríamos uso também da análise de todo o material instrucional da SEI. Nesse material, além das descrições das atividades e orientações metodológicas voltadas ao professor que o adotasse, havia ainda as discussões teóricas que fundamentaram a elaboração do mesmo.

De uma análise prévia das discussões teóricas presentes no material instrucional, identificamos que este se fundamentava sobre dois elementos centrais: O Ensino por Investigação como abordagem didática e da Alfabetização Científica como o propósito do ensino. Assim, dedicamos o capítulo inicial desse trabalho a conhecermos melhor tais bases teóricas. Nesse processo, mostramos que tanto o Ensino por Investigação quanto a Alfabetização Científica devem ser compreendidos como corpos teóricos que no decorrer de suas histórias passaram a adquirir diversos sentidos e características. Em virtude da polissemia existente em torno desses conceitos, mostrou-se necessário que delimitáramos nosso entendimento sobre os mesmos.

Uma vez compreendidas as bases conceituais que fundamentavam a elaboração da SEI, nossa atenção se voltou para desenvolver um referencial teórico que nos oferecesse uma perspectiva para compreender as aulas investigativas. Com esse intuito, dedicamos nosso segundo capítulo a investigar pesquisas na área de ensino de ciências que, influenciadas pela compreensão da importância da natureza social do empreendimento científico, buscaram compreender as possibilidades que o reconhecimento dessas práticas sociais da ciência profissional traria para a área de ensino de ciências. Nesse percurso, iniciamos pela compreensão de alguns dos estudos da Filosofia da Ciência e da Sociologia da Ciência que ofereceram novas perspectivas para a compreensão da ciência e, em seguida, nos dedicamos aos trabalhos na área de pesquisa em ensino de ciências que haviam adotado tais perspectivas para compreender a sala de aula. Com base em tais trabalhos, delimitamos três conceitos para basilar o referencial teórico adotado para a análise: comunidade de práticas (STROUPE, 2014), práticas epistêmicas (KELLY, 2008) e discurso (CAZDEN, 1991; GEE, 2010).

O primeiro conceito, comunidade de práticas, deriva de uma mudança de como se entende a ciência. Em uma concepção anterior, denominada ciência como conhecimento, a ciência era associada aos conhecimentos acumulados que havia produzido. Já a concepção de ciência como prática trazia para um primeiro plano suas práticas investigativas. Tal perspectiva valoriza o papel das comunidades de práticas por estas serem as organizações sociais em que práticas são desenvolvidas, negociadas e aprendidas através da participação de seus membros. O segundo conceito, práticas epistêmicas, assume papel fundamental nesse estudo à medida que trouxe para um plano central os processos sociais de legitimação do conhecimento. A partir de tal compreensão, membros de uma comunidade precisam apresentar, justificar e qualificar proposições, a fim de que estas se legitimem como conhecimento. Por fim, completando esse quadro teórico, temos o discurso, que no presente trabalho assume a uma dupla função. Em sua primeira função, o discurso assume papel de intermediador para a pesquisa, à medida que será o discurso entre os sujeitos da pesquisa que nos permitirá compreender a dinâmica da sala de aula. Já, em sua segunda função, o discurso assume papel de atuar sobre uma comunidade. Dentro dessa perspectiva teórica, daremos especial atenção a um tipo de discurso, que denominamos discurso epistêmico. Este último seria o discurso que atuaria sobre três níveis das comunidades produtoras de conhecimento: na elaboração de proposições, na legitimação do conhecimento e na constituição das formas de agir dos membros dessas comunidades.

Tendo constituído o corpo conceitual que sustentaria a análise das aulas, retornamos ao material instrucional em busca de identificar e compreender seus pressupostos teóricos e

propósitos gerais. Uma vez compreendidos tais elementos, desenvolvemos, a partir dos mesmos, uma ferramenta de análise que tinha por intuito auxiliar na compreensão da participação do professor durante a implementação da SEI. Tal ferramenta analítica foi composta por três dimensões de análise, cada uma oferecendo uma diferente perspectiva da sala de aula. A primeira dimensão visava compreender a natureza do conteúdo trabalhado, a segunda visava compreender as participações discursivas do professor em relação à estrutura didática das atividades e, por fim, a terceira dimensão visava compreender o papel do professor em relação ao discurso epistêmico.

O passo seguinte neste trabalho foi realizar o recorte da amostra a ser analisada, com base na análise tanto da estrutura prevista no material instrucional quanto dos encontros registrados em vídeo. Consideramos que o momento mais adequado seria o Oitavo Encontro, uma vez que nesse encontro seria realizada a discussão central da SEI pela qual os alunos precisariam estabelecer seus modelos para o elétron. Selecionado o encontro a ser analisado, buscamos nas entrevistas e no material instrucional os objetivos específicos associados àquele encontro e sistematizamos uma lista contendo nove objetivos do professor para aquele encontro.

Uma vez munidos das bases teóricas, da ferramenta analítica e dos objetivos específicos, partimos efetivamente para a análise das aulas do Oitavo Encontro. Tal análise, e respectiva discussão, foi realizada em dois estágios. No primeiro, realizamos uma abordagem longitudinal que percorreu temporalmente os momentos mais significativos desse encontro, identificando as categorias da ferramenta analítica, os objetivos trabalhados e as formas pelas quais o professor participava do discurso de sala de aula. No segundo estágio, realizamos uma abordagem norteada apenas pelos objetivos do docente, apresentando de que forma cada objetivo se relacionava com a estrutura geral da SEI e de que formas o professor colaborava no desenvolvimento desses objetivos.

Da análise pudemos identificar que os objetivos apresentados se diferenciavam quanto ao tipo de conteúdo envolvido e quanto a sua função estrutural na atividade. Pudemos perceber que nas aulas analisadas foram desenvolvidos os três tipos de conteúdos previstos em nosso sistema analítico, a saber, Conceitos da Ciência (C-Con), Técnicas da Ciência (C-Tec) e Natureza e Inter-relações da Ciência (C-NIC). Além da própria importância que o desenvolvimento de cada conteúdo possui para a promoção da AC, pudemos perceber que os mesmos desempenharam funções estruturais diferenciadas dentro das atividades.

Nesse encontro, percebemos que os conteúdos relacionados à categoria C-NIC, além de sua própria importância, possuíam função estrutural de estabelecer um contexto para o

desenvolvimento das demais atividades. Quanto à participação do professor no desenvolvimento desse tipo de conteúdo, percebemos que o mesmo realizava diversas aduções (E-Ad), apresentando e desenvolvendo ideias e, por vezes, realizava incitações para que os alunos qualificassem determinada ideia por ele aduzida (E-IQA), promovendo um discurso interativo. Em relação à atuação do discurso do professor sobre os níveis epistêmicos temos que: quanto à elaboração das ideias, estas eram elaboradas quase que exclusivamente pelo professor; quanto ao processo de legitimação, os elementos apresentados pelo discurso do professor já se encontravam legitimados pela forma que as apresentava e por sua autoridade epistêmica; já quanto ao desenvolvimento da agência dos alunos percebemos que suas motivações e práticas se limitavam àquelas observadas usualmente no ensino conservador ou tradicional, nas quais suas práticas não visam elaborar e negociar conhecimento, mas apenas participar do discurso didático de forma a “acertar” as respostas para que o mesmo possa avaliar a compreensão das ideias.

Tivemos também objetivos que representavam subsídios para as demais atividades, ou seja, eram elementos intermediários que, além de sua própria importância, precisariam ser trabalhados para que se pudessem desenvolver outros objetivos. Dentre tais objetivos tivemos alguns que, segundo a Dimensão dos Conteúdos, estavam relacionados com os conceitos e fatos, por exemplo, com os alunos conhecerem características dos modelos corpusculares e ondulatórios. Estes objetivos foram desenvolvidos principalmente com o trabalho com vídeos. Por meio de incitações, qualificações e aduções o professor procurava significar tais exhibições para os alunos conforme interpretava o que ocorria nos vídeos. Tal aspecto reforça a ideia apresentada por Longino (2016a) pela qual a passagem daquilo que é entendido como dado para aquilo que é entendido como evidência não se dá meramente sobre pressupostos lógicos, mas também por fatores contextuais. Em relação aos níveis do discurso epistêmico, entendemos que a participação do professor foi semelhante à ocorrida com os objetivos que exerciam papel de contextualização, ou seja, que as interações foram exclusivamente de discurso didático.

Também havia entre os objetivos da SEI aqueles que dependiam da participação dos alunos em práticas produtoras de conhecimento para seu desenvolvimento. Com tais características identificamos dois grupos de objetivos. O primeiro grupo relacionava-se aos objetivos que visam desenvolver técnicas investigativas, como a organização de informações, a classificação, o desenvolvimento de hipóteses e o desenvolvimento de modelos. O segundo grupo relacionava-se aos objetivos que visam promover tanto características de uma postura

investigativa, como a curiosidade, o questionamento, a responsabilidade e o trabalho, quanto à apreciação da investigação, como o gosto e interesse.

Em relação a esta dependência da participação dos alunos, identificamos uma mudança na forma de agir do professor. Após ter estabelecido o problema, o professor se colocou como um colaborador diferenciado³⁹ no processo de solução. Segundo sua participação no discurso epistêmico em seu primeiro nível de atuação, tivemos uma participação ativa do professor que fornecia elementos e pistas que os alunos deveriam considerar em suas proposições. Já sobre o segundo nível de atuação, além de colaborar no desenvolvimento da proposição, o professor também exercia o papel de comunidade crítica, no qual qualificava as proposições e incitava justificações e detalhes não explicitados pelos alunos. Por último, quanto à atuação sobre a agência dos alunos, as práticas mais desenvolvidas foram aquelas associadas à elaboração de uma proposição justificada. O professor procurou desenvolver aspectos da justificação tanto formalmente, explicando a estrutura lógica de uma justificação, quanto de forma indireta, por meio da participação no discurso. Apesar de poucos, tivemos momentos em que o professor incitava os alunos a constituírem o papel de comunidade crítica, ou seja, a qualificarem ou a questionarem proposições justificadas de colegas, bem como momentos em que alunos faziam referência a proposições de colegas, legitimando-as.

Em suma, percebemos que o professor abordava e desenvolvia de forma diferenciada cada um dos objetivos propostos. Esta diferenciação decorria da função na estrutura didática assumida por aquele objetivo. Embora também tenham sido trabalhados de forma interativa, quando o professor abordava conteúdos que possuíam função de contextualização ou subsídio (D-C&S), o mesmo conduzia o discurso apenas com características didáticas, ou seja, as ideias não precisavam ser legitimadas. Entretanto, quando os objetivos demandavam a participação em práticas investigativas, identificamos uma mudança na participação do professor no discurso. Este participava ativamente do discurso epistêmico, assumindo tanto a função de um colaborador diferenciado na elaboração das proposições justificadas quanto a de comunidade crítica, ao demandar aprimoramentos nas justificativas.

Com isso, tendo em vista que este trabalho buscou explorar novas perspectivas que permitissem compreender a participação do professor dentro de um contexto de aulas investigativas, entendemos que tenhamos atingido de forma satisfatória tais propósitos.

³⁹ Apesar de colaborar com os demais alunos, sua participação diferencia-se em função de sua responsabilidade didática e autoridade epistêmica.

Entendemos que tanto o referencial teórico adotado quanto a ferramenta analítica aqui proposta, além de seu papel fundamental na realização da presente pesquisa, também nos trouxeram diversas questões a ser exploradas.

Como vimos, a compreensão de “ciência-como-prática” trouxe novos elementos para pensarmos o ensino de ciências. Um deles é a possibilidade de desenvolvermos, em sala de aula, comunidades epistêmicas. Tal meta envolve promover nos alunos as agências necessárias para que se entendam tanto como propositores quanto como avaliadores válidos de conhecimento, desenvolvendo suas autoridades epistêmicas.

Nessa direção, consideramos que a temática da SEI analisada, dualidade onda-partícula, mostrou-se favorável para o desenvolvimento de trabalhos que ofereçam a oportunidade aos alunos de participarem de discussões em que as ideias não sejam balizadas por estarem em concordância ou não com o “cientificamente aceito”, mas que sejam avaliadas por suas justificativas e plausibilidade.

Por outro lado, apesar dos esforços do presente trabalho e de outros pertencentes a esta mesma agenda de pesquisa, sabemos que há muito a compreender sobre as possibilidades de se estabelecer comunidades epistêmicas em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. D. Reforming Science Teaching: what research says about inquiry. **Journal of Science Teacher Education**, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2002.
- BALEM, N. M. Revisitando Conceitos: alfabetismo/analfabetismo e respectivos neologismos. **Revista de Ciências Humanas - Educação**, v. 3, n. 3, 2002.
- BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e Implementação de Atividades de Investigação**: um estudo com professores de física e química do ensino básico. 2010. Tese (Doutorado) - Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/1854>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- BARRELO JR., N. **Promovendo a argumentação em sala de aula de física moderna e contemporânea**: uma sequência de ensino investigativa e as interações professor-alunos. 2015. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-14092015-114736>. Acesso em: 14 jan. 2016.
- BARROW, L. A Brief History of Inquiry: from Dewey to standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265-278, 2006.
- BAUER, M. W. The Evolution of Public Understanding of Science: discourse and comparative evidence. **Science, Technology and Society**, v. 14, n. 2, p. 221-240, 2009.
- BERLAND, L. K.; HAMMER, D. Framing for Scientific Argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 1, p. 68-94, 2012.
- CARVALHO, A. M. P. de. Ensino e Aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das Sequências de Ensino Investigativas - (SEI). In: LONGHINI, M. D. (org.) **O Uno e o Diverso na Educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011. cap. 18, p. 253-266.
- CAZDEN, C. B. **El Discuso en el Aula**: el lenguaje de la ensenanza y del aprendizaje. 1. ed. Barcelona: Paidós, 1991.
- CERUTTI-RIZZATTI, M. E. Letramento: uma discussão sobre implicações de fronteiras conceituais. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 33, n. 118, p. 291-305, jan.-mar. 2012.
- CHINN, C. A.; BUCKLAND, L. A.; SAMARAPUNGAVAN, A. Expanding the Dimensions of Epistemic Cognition: arguments from philosophy and psychology. **Educational Psychologist**, v. 46, n. 3, p. 141-167, 2011.
- CHRISTODOULOU, A.; OSBORNE, J. F. Epistemic Features of Science Teachers' talk: comparing the discursive practices of two science teachers. In: BRUGUIÈRE, C.; TIBERGHEN, A.; CLÉMENT, P. (Eds.) **Science Learning and Citizenship** (Proceedings of ESERA 2011). Science Learning and Citizenship ESERA 2011, European Science Education Research Association, 2012. p. 8-14.

CHRISTODOULOU, A.; OSBORNE, J. F. The Science Classroom as a Site of Epistemic Talk: a case study of a teacher's attempts to teach science based on argument. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 51, n. 10, p. 1275-1300, 2014.

COUNCIL OF MINISTERS OF EDUCATION - CANADA (CMEC). **Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12**: Pan-Canadian protocol for collaboration on school curriculum for use by curriculum developers. Toronto, Ontario, Canada: Author, 1997.

CURRICULUM CORPORATION. **Science**: a curriculum profile for Australian schools. Carlton, Victoria, Australia: Curriculum Corporation, 1994.

DEBOER, G. E. **A History of Ideas in Science Education**. New York: Teachers College Press, 1991.

DEBOER, G. E. Scientific Literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: _____. (Orgs.). **O Planejamento da Pesquisa Qualitativa**: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DEPARTMENT OF EDUCATION. **Science in the National Curriculum**. London: Department of Education, 1995.

DOUBLE-SLIT. TONOMURA, A. **Single Electron Events Build Up to Form an Interference Pattern in the Double-Slit Experiments**. [Filme-vídeo] Produção de Quantum Measurement. Vídeo 2. Japão, Hitachi, Ltd., 1989. 1 min. 08 sec. cor. som. Disponível em: <http://www.hitachi.com/rd/portal/highlight/quantum/movie/>. Acesso em: 25 fev. 2017.

DR. QUANTUM AND THE DOUBLE SLIT EXPERIMENT. In: WILLIAM, A.; BETSY, C. **What the Bleep Do We Know!?** [Filme-vídeo] Produção de William Arntz e Betsy Chasse. Direção de William Arntz, Betsy Chasse e Mark Vicente. Portland, Samuel Goldwyn Films, 2004. 109 min. cor. som. Disponível em: <http://www.whatthebleep.com/educational-downloads/>. Acesso em: 25 fev. 2017.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312, mai. 2000.

DUSCHL, R. Science Education in Three-Part Harmony: balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. **Review of Research in Education**, v. 32, p. 268-291, 2008.

DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Eds.). **Teaching Scientific Inquiry**: recommendations for research and implementation. Rotterdam: Sense Publishers, 2008.

DUSCHL, R. A.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Epistemic Foundations for Conceptual Change. In: CARVER, S. M.; SHRAGER, J. (Eds.). **Journey from Child to Scientist**: integrating cognitive development and the education sciences. 1. ed. [s.l.] American Psychological Association (APA), 2012. cap. 12, p. 245-262.

ENGLE, R. A.; CONANT, F. R. Guiding Principles for Fostering Productive Disciplinary Engagement: explaining an emergent argument in a community of learners classroom. **Cognition and Instruction**, v. 20, n. 4, p. 399-483, 2002.

EPISTEMIC. In: OXFORD English Dictionary. 3.ed. New York: Oxford University Press, 2010.

EPISTEMOLOGIC. In: OXFORD English Dictionary. 3.ed. New York: Oxford University Press, 2010.

ERIKSSON, I.; LINDBERG, V. Enriching ‘Learning Activity’ with ‘Epistemic Practices’ - Enhancing Students’ Epistemic Agency and Authority. **Nordic Journal of Studies in Educational Policy**, n. 1, 2016.

FERRAZ, A. T. **Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de física**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25112015-151619>. Acesso em: 14 jan. 2016.

FERRAZ, A. T.; SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Cultura Científica Escolar: o que significa fazer ciência na escola? In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 15, 2014, Maresias/São Paulo. **Resumos...**

FISHER, A.; SCRIVEN, M. **Critical Thinking**: its definition and assessment. Norwich, UK: Centre For Research In Critical Thinking, 1997.

FODRA, S. M. **O Projeto de Vida**: escolas do programa ensino integral. Trabalho apresentado no 41º Association for Moral Education Conference. Santos, SP, nov. 2015. Disponível em: http://ame2015.net/wp-content/uploads/2015/11/Sandra_Fodra-O-Projeto-de-Vida.pdf. Acesso em: 17 jan. 2016.

FORD, M. Disciplinary Authority and Accountability in Scientific Practice and Learning. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 404-423, 2008.

FORD, M. Educational Implications of Choosing “Practice” to Describe Science in the Next Generation Science Standards. **Science Education**, v. 99, n. 6, p. 1041-1048, 2015.

FOUREZ, G. **Alphabétisation Scientifique et Technique**: essai sur les finalités de l’enseignement des sciences. Bruxelas: DeBoeck-Wesmael, 1994.

GEE, J. P. **An Introduction to Discourse Analysis**: theory and method. 3. ed. New York: Routledge, 2010.

GOLDMAN, A.; BLANCHARD, T. Social Epistemology. In: **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. (Winter 2016 Edition), Edição de Edward N. Zalta, The Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2016. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/epistemology-social> . Acesso em: 24 fev. 2017.

GREEN, H.; HOOD, M. Significance of Epistemological Beliefs for Teaching and Learning Psychology: a review. **Psychology Learning & Teaching**, v. 12, n. 2, p. 168-178, 2013.

GREENE, J. A.; SANDOVAL, W. A.; BRÄTEN, I. An Introduction to Epistemic Cognition. In: _____. **Handbook of Epistemic Cognition**. New York: Routledge, 2016. cap. 1, p. 1-15.

HODSON, D. In Pursuit of Scientific Literacy: the case for history, philosophy and sociology of science. In: _____. **Towards Scientific Literacy: a teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. cap. 1, p. 1-22.

HOFER, B. K.; PINTRICH, P. R. The Development of Epistemological Theories: beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. **Review of Educational Research**, v. 67, n. 1, p. 88-140, 1997.

HURD, P. D. Scientific Literacy: new minds for a changing world. **Science Education**, v. 82, n. 3, p. 407-416, 1998.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Determinism and Underdetermination in Genetics: implications for students' engagement in argumentation and epistemic practices. **Science & Education**, v. 23, n. 2, p. 465-484, 2014.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; REIGOSA, C. Contextualizing practices across epistemic levels in the chemistry laboratory. **Science Education**, v. 90, n. 4, p. 707-733, jul. 2006.

KELLY, G. J. Inquiry, Activity and Epistemic Practices. In: DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Eds.). **Teaching Scientific Inquiry: recommendations for research and implementation**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. p. 99-117.

KELLY, G. J. Scientific Literacy, Discourse, and Epistemic Practices. In: LINDER, C.; ÖSTMAN, L.; ROBERTS, D. A.; WICKMAN, P.; ERIKSON, G.; MCKINNON, A. (Eds.). **Exploring the Landscape of Scientific Literacy**. New York: Routledge, 2011. p. 61-73.

KELLY, G. J.; CRAWFORD, T. An Ethnographic Investigation of the Discourse Processes of School Science. **Science Education**, v. 81, n. 5, p. 533-559, set. 1997.

KELLY, G. J.; DUSCHL, R. **Toward a Research Agenda for Epistemological Studies in Science Education**. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA, 2002.

KITCHENER, K. S. Cognition, Metacognition, and Epistemic Cognition: a three-level model of cognitive processing. **Human Development**, v. 26, p. 222-232, 1983.

KITCHENER, K. S. Folk Epistemology: an introduction. **New Ideas in Psychology**, v. 20, p. 89-105, 2002.

KROPF, S. P.; FERREIRA, L. O. A Prática da Ciência: uma etnografia no laboratório. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p. 589-597, nov. 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59701997000300010&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 jan. 2016.

KUHN, D.; CHENEY, R.; WEINSTOCK, M. The Development of Epistemological Understanding. **Cognitive Development**, v. 15, p. 309-328, 2000.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. DA. Multimodos e Múltiplas Representações, Aprendizagem Significativa e Subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência e Educação**, v. 17, p. 469-487, 2011.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **Laboratory Life**: the construction of scientific facts. 2.ed. Princeton: Princeton University Press, 1986.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A Vida de Laboratório**: a produção dos fatos científicos. (tradução de Angela Ramalho Vianna). Rio de Janeiro: Relume Dumara, 1997.

LAUGKSCH, R. Scientific Literacy: a conceptual overview. **Science Education**, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

LIDAR, M; LUNDQVIST, E.; ÖSTMAN, L. Teaching and Learning in the Science Classroom: the interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. **Science Education**, v. 90, p. 148-163, 2006. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20092/epdf>. Acesso em: 18 jan. 2016.

LONGINO, H. E. **Science as Social Knowledge**: values and objectivity in scientific inquiry. Princeton: Princeton University Press, 1990.

LONGINO, H. E. **The Fate of Knowledge**. Princeton: Princeton University Press, 2002.

LONGINO, H. E. **Underdetermination**: a dirty little secret. London: Department of Science and Technology Studies, UCL, 2016a.

LONGINO, H. E. The Social Dimensions of Scientific Knowledge. In: **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. (Spring 2016 Edition), Edição de Edward N. Zalta, The Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2016b. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2016/entries/scientific-knowledge-social>. Acesso em: 19 fev. 2017.

LOPES, E. DE S. **E o Elétron? É Onda ou é Partícula?** - uma proposta para promover a ocorrência da alfabetização científica de física moderna e contemporânea em estudantes do ensino médio. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-03122014-153047>. Acesso em: 10 jun. 2015.

MAGNUSSON, S. J.; PALINCSAR, A. S.; TEMPLIN, M. Community, Culture, and Conversation in Inquiry - based science instruction. In: FLICK, L.; LEDERMAN, N. (Eds.) **Scientific Inquiry and the Nature of Science**: implications for teaching, learning, and teacher education. New York, NY: Kluwer Academic, 2004. p. 131-155.

MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E. Letramento Científico e CTS na Formação de Professores para o Ensino de Física. **XVI SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física**, São Luís, 2007. Disponível em:

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0264-1.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2016.

MCCONNEY, A. et al. Inquiry, Engagement, and Literacy in Science: a retrospective, cross-national analysis using PISA 2006. **Science Education**, v. 98, n. 6, p. 963-980, 2014.

MORAES, L. S. DE. **O Metadiscorso em Artigos Acadêmicos**: variação intercultural, interdisciplinar e retórica. 2005. 194p. Tese (Doutorado) - Departamento de Letras, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MORTIMER, E. F.; ARAÚJO, A. O. DE. Using Productive Disciplinary Engagement and Epistemic Practices to Evaluate a Traditional Brazilian High School Chemistry Classroom. **International Journal of Educational Research**, v. 64, p. 156-169, 2014.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. A Linguagem em uma Aula de Ciências. **Presença Pedagógica**, Belo Horizonte, v. 2, n. 11, p. 49-57, 1996.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade Discursiva nas Salas de Aula de Ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/?go=artigos&idEdicao=24>. Acesso em: 17 jan. 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **The National Science Education Standards**. Washington, DC: The National Academy Press, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Inquiry and the National Science Standards: a guide for teaching and learning**. Washington, DC: The National Academy Press, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **A Framework for K-12 Science Education: practices, cross-cutting concepts, and core ideas**. Washington, DC: The National Academy Press, 2012.

NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (NSTA). **Teaching Science and Technology in the Context of Societal and Personal Issues**. Arlington, VA: NSTA Position Statement, 2010.

OECD. PROGRAMME FOR INTERNATIONAL STUDENT ASSESSMENT 2015. **PISA 2015 Item Submission Guidelines: scientific literacy**. Paris: OECD, 2012.

OSBORNE, J. F.; PATTERSON, A. Scientific Argument and Explanation: a necessary distinction? **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 627-638, 2011.

POTTER, E. Feminist Epistemology. In: PROTEVI, J. (org.). **A Dictionary of Continental Philosophy**. New Haven: Yale University Press, 2006. p. 206-213.

RAMILO, M. C.; FREITAS, T. Transcrição Ortográfica de Textos Orais: problemas e perspectivas. In: FONSECA, F. I. et al. (Orgs.). **Língua Portuguesa: estruturas, usos e contrastes**. Porto: Clup, 2001. Disponível em: <http://www.iltec.pt/pdf/wpapers/2001-redip-transcricao.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2016.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. **Science Education for Citizenship. Teaching Socio-Scientific Issues**. Maidenhead: Open University Press, 2003.

REISS, J.; SPRENGER, J. Scientific Objectivity. In: **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. (Spring 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.). The Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2017. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/scientific-objectivity/>. Acesso em: 26 fev. 2017.

ROBERTS, D. A. Scientific literacy/Science literacy. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Handbook of Research on Science Education**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2007. cap. 25, p. 729-780.

RUDOLPH, J. Inquiry, Instrumentalism, and the Public Understanding of Science. **Science Education**, v. 89, n. 5, p. 803-821, 2005.

SÁ, E. F. DE; LIMA, M. E. C. DE C.; AGUIAR JR., O. A Construção de Sentidos para o Termo Ensino por Investigação no Contexto de um Curso de Formação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SANDOVAL, W. A. **Students' Uses of Data as Evidence in Scientific Explanations**. Paper presented at the annual meeting of the AERA (American Educational Research Assn). Seattle, WA, 2001.

SANDOVAL, W. A. Understanding Students' Practical Epistemologies and their Influence on Learning Through Inquiry. **Science Education**, v. 89, n. 4, p.634-656, 2005.

SANDOVAL, W. A. Science Education's Need for a Theory of Epistemological Development. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 383-387, 2014.

SANDOVAL, W. A.; MORRISON, K. High School Students' Ideas about Theories and Theory Changeafter a Biological Inquiry Unit. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 4, p. 369-392, 2003.

SANTOS, W; MORTIMER, E. F. Tomada de Decisão para Ação Social Responsável no Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SÃO PAULO. DIRETORIA DE ENSINO DA REGIÃO DE JUNDIAÍ. **Plano de Gestão quadrienal 2011-2014. EE. Prof. Antônio Dutra**. [2011]. Disponível em: http://dejundiai.com/download/ESCOLAS/Plano%20de%20Gestao2011_2014/PLANO%20DE%20GEST%C3O%202011-2014%20-%20ANTONIO%20DUTRA.pdf. Acesso em: 18 jan. 2016.

SÃO PAULO. Lei Complementar nº 1.164 (4 jan. 2012). Institui o Regime de Dedicção Plena e Integral - RDPI e a Gratificação de Dedicção Plena e Integral - GDPI aos Integrantes do Quadro do Magistério em Exercício nas Escolas Estaduais de Ensino Médio de Período Integral, e Dá Providências Correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Executivo - Caderno 1, 5 jan. 2012, p. 1. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/33413554/dosp-executivo-caderno-1-05-01-2012-pg-1>. Acesso em: 18 jan. 2016.

SÃO PAULO. Decreto nº 59.354/2013 (15 jul. 2013), artigo 1º. Dispõe sobre o Programa Ensino Integral de que Trata a Lei Complementar nº 1.164, de 4 de janeiro de 2012, Alterada pela Lei Complementar nº 1.191, de 28 de dezembro de 2012. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Executivo - Caderno 1, 16 jul. 2013, p. 3. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/56647664/dosp-executivo-caderno-1-16-07-2013-pg-3>. Acesso em: 18 jan. 2016.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental**: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008, 265p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H. Interações Discursivas e Investigação em Sala de Aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. DE. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. v. 1, p. 41-62.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Escrita e Desenho : análise de registros elaborados por alunos do Ensino Fundamental em aulas de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 2, 2010.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, L. H.; KELLY, G. J. Ensino de Ciências e as Práticas Epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.

SCHOMMER, M. The Effects of Beliefs about the Nature of Knowledge on Comprehension. **Journal of Educational Psychology**, v. 82, p. 498-504, 1990.

SILVA, A. D. C. T. E. **Estratégias Enunciativas em Salas de Aula de Química**: contrastando professores de estilos diferentes. 2008. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SILVA, A. D. C. T. E. Interações Discursivas e Práticas Epistêmicas em Salas de Aula de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, p. 69-96, 2015.

SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. F. Learning to Teach Argumentation: research and development in the science classroom. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 2-3, p. 235-260, fev. 2006.

SOARES, M. Letramento e Alfabetização: as muitas facetas. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-17, abr. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782004000100002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 16 jan. 2016.

SOUSA, M. DE F. L. DE O. E. **Argumentação e Aprendizagem das Ciências em Diferentes Contextos Laboratoriais**: um estudo com alunos do 10º ano, centrado na Termodinâmica. 2008. Tese (Doutorado) - Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/9549>. Acesso em: 18 jan. 2016.

SOUZA, V. F. M. **A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica dos alunos em aulas investigativas de Física**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

STROUPE, D. Examining Classroom Science Practice Communities: how teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. **Science Education**, v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização Científica: questões para reflexão. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132013000400002&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 16 jan. 2016.

TESSER, G. J. Principais Linhas Epistemológicas Contemporâneas. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 10, p. 91-98, 1995.

UNESCO. **Conjunto de Materiales para la Formación de Profesores**: las necesidades especiales em el aula. França, 1993. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000966/096636Sb.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2016.

VALLE, M. G. DO. **Movimentos e Práticas Epistêmicos e suas Relações com a Construção de Argumentos nas Aulas de Ciências**. 2014. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-01102014-104240/>. Acesso em: 5 jan. 2015.

WHEELER, G. F. The Three Faces of Inquiry. In: MINSTRELL, J.; VAN ZEE, E. H. (Eds.). **Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science**. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 2000. p. 14-19.

WRAY, K. B. A Defense of Longino's Social Epistemology. **Philosophy of Science**, v. 66, p. 538-552, set. 1999.

YIN, R. K. **Case Study Research**: design and methods. Sage Publications Inc., USA, 1989.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, set-dez, 2011.

APÊNDICE A - TRANSCRIÇÃO DO OITAVO ENCONTRO

T1 < Prof >: Pessoal, boa tarde... boa tarde. Quero todos voltados para cá

T2 < André >: E o elétron, é onda ou partícula?

T3 < Prof >: Edu! [pede a atenção do aluno]

T4 < Edu >: Partícula

T5 < Prof >: Tira as mochilas da bancada. Mochilas não podem ficar na bancada. O pessoal de química já sabe o porquê

T6 < André >: Vai tirar ponto

T7 < Prof >: Foi bacana {inaudível}. Vamos lá. Então, enfim, estamos chegando ao final da eletiva, ao final do curso e ao final da pergunta, ou da resposta, ou sei lá, do que vocês queiram responder. shhh!... Voltados pra cá... Edu, voltado pra cá. Então, olha só... a gente já visitou um campo de futebol de bolinha de gude

T8 < Joel >: Sim!

T9 < Prof >: A gente já visitou, ou participou de uma entrevista em Londres com um cara chamado J.J. Thomson. Lembrando, é uma atividade lúdica também o futebol, mas também quando você vê um texto que... a gente passa... guarda isso... a gente passa como se vocês tivessem viajado no tempo, e que as pessoas pudessem fazer a entrevista com um cientista, seria bom. Hoje eu estou mais chamando a atenção pra isso, por quê? Eu tinha começado a entrar em contato com esse cientista, que era o Akira Tonomura, na hora que eu estava fazendo minha dissertação de mestrado. Da pior forma, a resposta que veio foi: "ele acabou de falecer". Então, a ideia era, vocês terem visto gente que nasceu no final... Joel! [pede a atenção do aluno]

T10 < Joel >: Oi

T11 < Prof >: Gente que tinha feito experiência no final do século IX, gente que tinha feito experiência no início do século XX e, agora, no final do século XX e início do século XXI, trabalhando com isso. A ideia era tá com um material que realmente a entrevista fosse... né, não fictícia, mas... mas eu tinha elaborado as questões e mandado pro pesquisador... para onde ele trabalhava. Não tinha em nenhum lugar assim tão fácil, ninguém fica falando: "Oh, o cientista morreu". Então, quando eu mandei, a empresa onde ele trabalhava, a Hitachi, avisou, né... que infelizmente tinha acabado de ocorrer isso. Não fazia alguns meses, né. É diferente de morrer um presidente de algum país, que todo mundo fica falando. Cientista não é toda hora que fica falando. Então, peço desculpas porque eu tive que montar, ele estava vivo quando comecei a montar as coisas... não deu tempo de trabalhar com ele diretamente

T12 < Prof >: Bom, mas a equipe dele ainda existe, eles fazem um ótimo trabalho sobre microscopia eletrônica lá no Japão e muitas coisas que vocês têm hoje de tecnologia... Ah, eu vou falar da Hitachi e fica parecendo que tô fazendo propaganda do aparelho... mas não é não, tá? Mas o que a gente tem de tecnologia tá relacionado com essa busca. Uma outra parte, eu não sei se vocês perceberam, a gente teve alguma entrevista ou atividade com algum cientista brasileiro?

T13 < Prof >: Não, né? Então, isso, a gente não vai, não faz parte do nosso caminho... da... da eletiva. Mas eu gostaria que vocês, terminando, pensassem nisso. Vai se desenvolver tecnologia e ciência, principalmente ciência, depois tecnologia, depois técnica, em alguns países. Esses países, lá no início do século 20, como estão hoje? A gente passou pela Inglaterra, falamos na lista de nomes que foram citados na entrevista, passamos por Estados Unidos, Suécia, França e, agora, estamos no Japão. Desses países que eu falei, tem algum assim que está passando miséria?

T14 < A.N.I. >: A França acabou de {inaudível}

T15 < Prof >: O Brasil ainda tem seus problemas. Então, uma das coisas que eu, que a gente poderia discutir mais pra frente é como que o desenvolvimento da ciência afeta o seu prato de comida? Quem gosta de tomate aqui?

T16 < Nina >: Eu

T17 < Prof >: Chá de gengibre? Não, né? Quentão? Pra eu ter o quentão, tem que ter o gengibre. Se eu não controlo bem a ciência e a tecnologia dos satélites meteorológicos, mas os Estados Unidos controlam os satélites e os computadores que ajudam a previsão do tempo. Se eu não faço uma boa previsão do tempo, eu vou saber quando plantar e colher o tomate ou o gengibre? E isso gera o quê? Se o tomate... se tiver geada e um clima ruim acaba com a produção de tomate, o preço aumenta ou diminui?

T18 < Fred >: Aumenta

T19 < Prof >: Aumenta. Não aumenta? shhh! [pede silêncio], Joel. Não aumenta? Aumenta! Então, se eu não tiver um bom desenvolvimento de ciência e tecnologia, quem sofre? Você ou cientista?

T20 < Edu >: Cientista

T21 < Nina >: Eu não entendi a pergunta

T22 < Prof >: Se eu não tiver um bom desenvolvimento em ciência e tecnologia, quem sofre? É o cientista, que ninguém prestou atenção? Ou o professor, que ninguém quer prestar atenção? Ou é você, que quando vai comer e quando vai no mercado, paga um preço lá no alto?

T23 < Nina >: A gente

T24 < Prof >: Então, esse ponto que a gente tenta colocar nessas atividades. Vamos ver a atividade de hoje... Vamos ter dois vídeos hoje. Um bem simples, mas ele é a experiência do Tonomura. Então, antes de assistir os vídeos, o elétron pode se comportar como partícula?

T25 < A.N.I. >: Pode

T26 < Prof >: Teve gente que falou que sim na semana passada. Quem achou que sim, que pode se comportar como partícula? Onda, quem é que falou de onda? Ele pode se comportar como onda?

T27 < Lúcio >: Sim

T28 < Prof >: Também? Os dois?... Bom, isso ocorre sempre?

T29 < Fred >: Não

T30 < Prof >: Se ele tá como partícula, ele também tá como onda?

T31 < Nina >: Não

T32 < Prof >: Sim, não? Bom, vocês vão ter uns problemas. O áudio depende de caixas pequenas, então eu vou pedir para... Ah, sim... tinha caixa grande, mas não sei se vocês viram que eles fizeram um reforma lá no pátio, no som. O som ficou ótimo, mas sabe o que faltou? Um cabo. Aí, o cabo que tinha pra ligar o computador na caixa de som, eles cortaram. Então eu não pude utilizar o cabo hoje. Já pedi pro Itamar, mas ainda não chegou. Isso ocorre sempre, mas vamos lá. Tonomura primeira parte

T33 < Prof >: É uma experiência que não dá pra fazer aqui. Porque, lembra da voltagem do aparelho que a gente utilizou? Qual que era? 5.000 Volts, 10.000 Volts? Da TV, 25.000 Volts. Quando eu tô com o microscópio eletrônico 250.000 Volts e pode chegar a 1.000.000 de Volts nos aparelhos mais novos. É muito... é muito e eu não gostaria de colocar... olha, vamos fazer a experiência e tal... e vai que o Rafa coloca o dedo. Tudo bem, o Rafa pode colocar o dedo e morrer. Vamos pensar em uma pessoa melhor: A Vivi, se a Vivi coloca o dedo? Não? Não pode, né Rafa? É brincadeira

T34 < Prof >: Então, o que que é importante? O vídeo original, ele dura uma hora. O próprio Tonomura, ele editou o vídeo e deixou bem menor. Tem um minuto, um minuto e dez segundos, pra que vocês possam trabalhar com ele... Então, um minutinho pra eu fazer a...

T35 < Prof >: Esses pontos são os elétrons atingindo uma tela... E, aí, se ele é partícula ou é onda... e vai passando o tempo

T36 < A.N.I. >: Professor, não tô ouvindo nada [vídeo era sem áudio]

T37 < Lena >: Parece estrelas, são as estrelas

T38 < A.N.I. >: Partículas

T39 < Lena >: Nossa, psor, a noite vai ficar assim

T40 < Prof >: Tá borrado? [se referindo à imagem formada na tela, composta por vários pontos brancos sobre fundo escuro]

T41 < A.N.I. >: Agora tá

T42 < Fred >: Nossa, já é uma hora?

T43 < A.N.I. >: Nossa! Ô louco

T44 < Prof >: Imagina se vocês ficassem uma hora, ia parecer poesia concreta em vídeo. Ia ter gente babando. Então, o que que vocês viram? Dava pra falar que o elétron era partícula já desde o início, né? Não tinha pontinho?

T45 < Nina >: Tinha

T46 < Prof >: Bacana... aí, no final, o que apareceu? Só tinha pontinho ou tinha aqueles?

T47 < Nina >: Tinha pontinho

T48 < Prof >: Se ele marca um ponto, ele é?

T49 < Nina >: Ponto... partícula

T50 < Prof >: Partícula, mas se apresenta um padrão de difração, que era aquelas manchas claras e escuras, ele é uma?

T51 < Nina >: Onda

T52 < Prof >: E agora? Ele foi pra tela, vocês tão vendo pontinhos? Pontinhos é partícula. Só que na hora que vocês passam no tempo. shhh! Na hora que você vê com o tempo de uma hora interagindo, aqueles pontinhos ficavam todos... tudo borrado como tava no começo? ou formou um padrão de difração?

T53 < Nina >: Padrão

T54 < Fred >: Difração

T55 < Prof >: Ou seja?... E agora?

T56 < Nina >: E agora moio

T57 < Prof >: Anotem suas informações do vídeo, não esqueçam de colocar nome. Ainda tem mais um vídeo. [Distribui folhas nas bancadas] Não vai ter que entregar ainda... Vimos esse vídeo agora e daqui a pouco vai ter outro. Escrevam só as suas impressões

T58 < A.N.I. >: Professor, tá faltando... [folhas distribuídas]

T59 < Prof >: {inaudível}

T60 < Prof >: Primeira parte é colocar as impressões sobre o vídeo que vocês viram agora

T61 < Rafa >: Professor, o que que eu vou colocar agora? O elétron {inaudível}

T62 < Prof >: O que que você acha? Pessoal, o que vocês vão anotar na folha agora?

T63 < Prof >: Joel! Não gosto de ficar chamando a atenção toda a hora, mas por isso que eu prefiro que vá no banheiro. Pessoal, anotar agora as... o que que vocês pensam sobre o vídeo que vocês viram agora

T64 < Nina >: Tem que copiar a pergunta?

T65 < Prof >: Não! É só pra colocar a sua impressão, se o vídeo... isso que vocês viram... Pessoal, aquele experimento que tava aqui, que fez aqueles anéis verdinhos, imagina agora eu colocando uma intensidade...Oi... shhh!

T66 < Prof >: Lembram do tubo de raios catódicos fazendo os anéis verdes? Na hora que ligava já aparecia o anel, não é isso? Agora, nessa experiência de Tonomura... que eu vou passar o vídeo de novo. O que vocês estão vendo na experiência é como se eu ligasse o aparelho e um elétron de cada vez fosse batendo na tela até fazer os anéis. Eu ia demorar uma hora... em vez de aparecer o negócio, os anéis direto... ia demorar uma hora pra formar os anéis. Isso se eu tivesse máquina fotográfica. Se fosse um elétron de cada vez, vocês nem iam ver formar anel nenhum. Ia bater, pisca e apaga. Por que que tá aceso direto? Porque tem elétron batendo na tela branquinha direto. Aqui é uma câmera de vídeo. Eu vou passar o vídeo de novo, então

T67 < Joel >: Ô professor, dá uma outra folha pra mim

T68 < Prof >: Pessoal, o vídeo de novo

T69 < Prof >: O que vocês viram no vídeo, claro, escuro, claro, escuro... padrão de interferência

T70 <Denis>: Ela tem uma opinião aqui, professor: que parece estrelas

T71 < Prof >: Fala...

T72 <Olívia>: [Inaudível]

T73 < Prof >: Parece, né? Mas, assim... são os elétrons batendo numa tela e, nessa tela, eu tô filmando e, cada vez que aparece um pontinho, eu tô gravando esse pontinho. Quando a gente fala pontinho, poxa, é partícula. Esse aqui [refere-se a Beto] perguntou a semana inteira sobre isso. Agora você tá com bastante dúvida. Poxa, pontinho, é partícula. Fez padrão de interferência, é onda. E aí? Lembra que eu falei? Não podia dar a resposta. Me pegou três vezes na semana... Segura a folha...

T74 < Beto >: Professor, agora acho que é partícula

T75 < Prof >: Mas será que ele não poderia ser os dois?... Pessoal, atenção, vou passar o outro vídeo agora

T76 < Prof >: O aparelho que o Tonomura utiliza é alguma coisa parecida com esse. De microscópio, eu acho que vocês só conhecem essa parte, né? Então, aqui é um acelerador, imagina gente, isso aqui é caro pra caramba

T77 < Prof >: Ãhn?

T78 < Nina >: Quais são as perguntas?

T79 < Prof >: Não tem várias perguntas, só tenho uma: qual sua impressão sobre o vídeo?

T80 < Nina >: Ah, então já terminei

T81 < Prof >: Quer que eu volte pro texto? É esse aqui? [falando sobre o slide]

T82 < Nina >: É

T83 < Joel >: Professor, é pra anotar?

T84 < Prof >: Não! Pediram pra eu voltar o vídeo. Só isso

T85 < Beto >: Ô professor, mas o que é que o elétron pode ser agora?

T86 < Prof >: É isso que eu quero que vocês respondam

T87 <Denis>: E se eu acho que é partícula?

T88 < Prof >: Se você acha que é partícula?

T89 <Denis>: E se eu continuo achando que é partícula?

T90 < Prof >: Coloca se depende da experiência que você está fazendo. Numa a gente fez, deu onda... onda. Na outra, deu partícula. Agora... Eu não sei, tô colocando assim {inaudível}. O que que você...

T91 < A.N.I. >: Professor!

T92 < Prof >: Sinta seu coração

T93 < Fred >: Professor, é pra fazer o resumo?

T94 < Prof >: Não {inaudível}. Ali está orientando o que você pode escrever... Porque... tem assim... eu preparo um slide pensando nas questões que o pessoal pode colocar... também. E o elétron, pode ser o quê agora, né? Ah, se ele... e aí, a gente pensa assim... partícula, como que a gente pensa que é partícula? Marcou um ponto, tem posição definida, é partícula. Mas se apareceu difração e teve interferência, é onda. E se aparecer os dois?

T95 < Fred >: Ali apareceu... apareceu os dois

T96 < Prof >: Ali apareceu os dois, tem uns pontinhos, mas os pontinhos... porque... eu tenho os pontinhos, mas os pontinhos caem em franjas, como linhas. Como aparece ali, são colunas

T97 < A.N.I. >: Ô professor!

T98 < Prof >: Oi

T99 < Nina >: Oi

T100 < Prof >: O que você colocou aí?

T101 < Nina >: Ah professor, é feio ler as respostas dos outros. {inaudível} Eu coloquei que são partículas que se comportam como ondas. Só isso

T102 < Prof >: Gostei. "Não faço a mínima ideia do que elétron pode ser agora, se ele marca a forma de um ponto é partícula, mas como houve presença de um padrão de difração, manchas, ele é onda" Perfeito! Porque o próximo vídeo talvez deixe pior a situação. Porque, assim, aí, ao final da atividade, de toda a sequência, vem a resposta. O elétron é onda ou partícula? {inaudível}...Segura o vídeo aí. Não, segura a folha aí, eu vou passar outro vídeo

T103 < Prof >: Então, voltando aqui... o aparelho, esse aparelho aqui, tá na Federal de Minas Gerais, por exemplo, tá? Esse aparelho aqui é da Federal de Minas Gerais. Tem que ter até um piso diferente, não pode ficar oscilando. Bem mais sofisticado do que aquele aparelho que a gente estava utilizando, né?

T104 < Prof >: Alguém já assistiu o filme "Quem somos nós"? Ótimo, mas o filme tem uns pedaços que são bacanas... Oi, boa tarde. Olá senhores!

T105 < Nina >: Olá

T106 < Prof >: Nesse filme tem algumas animações, desenhos animados mesmo. E eu tenho um vídeo separado, falando sobre essa experiência e as experiências que vocês fizeram durante as aulas do curso

T107 < Prof >: Só que eu vou pedir um pouco de silêncio, porque a caixa acústica que eu tenho aqui é pequena

T108 < Prof >: Eu vou voltar o vídeo daqui a pouco. Olha só, ele começa falando de uma experiência. É claro, ali era um vídeo com "marbles", que são as bolinhas de gude... Marbles... e ele joga na parede. E aí? O que acontece quando ele faz esse primeiro jogo?

T109 < Prof >: Ou seja, esse experimento aqui é muito parecido com o que vocês fizeram no jogo de futebol de dedos e, se fosse no experimento do elétron do J.J., um pontinho só.

T110 < Prof >: Aqui a onda se separa na fenda, passa pela fenda e vai embora. Então, a intensidade passa e bate aqui e ela se espalha, ou seja, não está havendo nem difração, que é a quebra, e nem a interferência, ou seja, uma se sobrepondo a outra.

T111 < Prof >: Então, olha só, o que que é a difração? É quando ele quebra. Tinha uma onda só e quebrou em dois pedaços por causa dessas fendas. Ela se quebrou aqui. O que vai ser interferência? Quando ela é construtiva o máximo de uma onda encontra o máximo da outra. Tá brilhando aqui, tá? E apesar de aqui estar fechado, o máximo das ondas ... ó, tá vendo? ... vem na direção de onde está fechado e vai formar um padrão de interferência bem aqui no meio. E essas outras aqui? Vão fazendo outros padrões.

T112 < Prof >: Ou seja, até agora ele só falou de efeitos macroscópicos, coisa grande, quando a gente vai pro mundo pequeno, que ele vai falar agora

T113 < Prof >: Então, agora ele tá falando do elétron

T114 < Prof >: Quando eu jogo os elétrons em um cristal... lembra que você... na experiência tinha uma folha de papel alumínio, que era uma folha de cristal... na hora que passa entre um átomo e outro... lembro que alguns desenhos falavam disso... entre um átomo e outro tem um espaço. Então, entre um átomo e outro tem espaços pra que possam passar os elétrons. E o que a gente vê depois... no caso aqui ó... aqui é só um pedacinho, imagina isso aqui, agora, girando. Vai formar aqueles anéis que vocês viram. Como se isso aqui fosse, não barrinhas, mas se fossem circulares. Alguém falou, ah, se os anteparos fossem circulares... eu não sei quem falou isso... como se tivessem anteparos circulares para fazer aquele padrão de círculos. Justamente, quem tava pensando nessas fendas, mas como cristal. Uma fenda feita pelo cristal de alumínio

T115 < Prof >: Olha só, pro físico, que ele fala antes, o elétron chega perto da fenda, se separa... como se ele pudesse pensar... se separa, passa pelas fendas, interage com ele mesmo e vai para outro lugar. Como se isso fosse uma ótima resposta. Os matemáticos, já tem... ou seja... os físicos matemáticos, propõem uma outra ideia ainda. Ela passa pelas duas fendas, não passa por nenhuma das fendas, passa por uma das fendas, passa por outra das fendas. Eu tinha só um elétron, agora eu tenho uma renca, e aí eu tenho probabilidades

T116 < Prof >: Então, só pra deixar mais complicado pra vocês que já tavam com dúvida. Na hora que fizeram a experiência, aquela que a gente deu do Tonomura, só que colocando um detector pra saber por onde que o elétron estaria passando, ele voltou a se comportar como partícula. Eles tão colocando um olhinho ali, mas é um detector. Quando eu tenho corrente elétrica passando, eu não sei se o pessoal do terceiro já viu isso, eu consigo sentir o campo magnético, alteração. Então, se passam partículas...

T117 < Prof >: Agora, continuando na sua folha, vocês... cada um de vocês, depois desses dois vídeos... depois do segundo vídeo, perdão. O elétron é o quê mesmo, agora?

T118 < Prof >: O pessoal tá morrendo! [se dirigindo a pessoas que aparentavam estar dormindo] Então, agora... vocês viram a experiência do Tonomura. Tem a outra experiência que mostra que foi colocado o detector, e o elétron voltou a se comportar como partícula e não como onda. O que que é o elétron agora para vocês? O que que é a matéria? Por que o elétron é o menor pedacinho da matéria para poder trabalhar? Onda, partícula? Os dois, nenhum dos dois?

T119 < Kátia >: Partícula

T120 < Lúcio >: É os dois, ponto e acabou!

T121 < Kátia >: Partícula que se comporta como onda!

T122 < Fred >: Partícula que se transforma em onda!

T123 < Prof >: Partícula que se comporta como onda? Onda que se comporta como partícula?

T124 < Kátia >: Uma partícula... que se comporta como onda

T125 < Prof >: Todos pegaram? [se referindo ao próximo texto]

T126 < Nina >: Nossa! Ó o tamanho professor, é muito grande, é muita coisa [se referindo ao texto]

T127 < Prof >: Todos têm? [o texto]

T128 < Prof >: Já terminaram? Anotaram o que que o elétron é? Só por um acaso, em uma outra vez que eu fiz a mesma pergunta, numa época parecida ... um aluno escreveu só três pontos de interrogação. Isso é muito bom! Pessoal, vamos seguir o texto então?

T129 < A.N.I. >: Vamos

T130 < Prof >: {inaudível} Vira pra cá Edu!

T131 < Prof >: Bem, vamos lá então. É uma boa pergunta... Agora, a gente tá com a leitura do texto. É a entrevista do Akira Tonomura. De novo, era pra ser uma entrevista... as questões seriam passadas pra ele, mas, infelizmente, ele faleceu antes do... disso ocorrer

T132 < Fred >: O que que é o elétron mesmo?

T133 < Prof >: É o que vocês vão ter que saber

T134 < Fred >: É partícula?

T135 < Prof >: Vão ter que decidir, saber eu não sei, decidir... Muito bem então. No texto "entrevista com Akira Tonomura". "As ondas dos raios catódicos são partículas?"... Então, começando a entrevista. "Na nossa última [Inicia a leitura do texto]

T136 < Prof >: shhh!

T137 < Prof >: "Que trabalharam praticamente sozinhos..." [continua a leitura]

T138 < Prof >: Lembra, o J.J. e o G.P. Thomson trabalharam sozinhos e aqui eu tenho Tonomura, Endo, Matsuda, Kawasaki e Esawa. Então já são cinco

T139 < Nina >: Renilde [aluna acha engraçado o nome da entrevistadora]

T140 < Prof >: Renilde, você não tinha percebido ainda? É a entrevistadora {inaudível}. Vamos lá então. "Nesta entrevista... [retoma a leitura]

T141 < Prof >: Eu vou que pegar um net. Edu, você ajuda aqui? Tem que levar um net pra Cássia {inaudível}. Continuando, "e esses pesquisadores pertencem a países que ..." [retoma a leitura]

T142 < Prof >: shhh!... Vocês estão seguindo a leitura?

T143 <G.N.I.>: Estamos [alguns alunos respondem]

T144 < Prof >: Você tá seguindo a leitura? Não tá! A gente está na página 51

T145 < Prof >: "Dando a nossa contribuição..." [retoma a leitura]

T146 < Prof >: Tinha gente querendo saber assim "poxa, e o elétron, é onda, partícula, tal, tudo mais", vamos ver. Cada um pode ter sua opinião... trabalhar, vamos lá... Quem continua? [a leitura]

T147 <A.N.I. >: A Nina continua

T148 < Prof >: Denis

T149 <Denis>: Calma aí professor, tô enrolado

T150 < Prof >: Vamos lá. Joel , então...

T151 < Joel >: Ler?

T152 < Prof >: É

T153 <A.N.I. >: A Kelly lê

T154 <A.N.I. >: Um ponto pra quem ler

T155 < Joel >: Professor, quero ler não

T156 < Prof >: Não, precisa ler pra ver se fala {inaudível}

T157 < Joel >: Como que chama esse nome aqui?

T158 < Prof >: Tonomura?

T159 < Joel >: "Senhor Tonomura..." [aluno inicia a leitura]

T160 < Prof >: Obrigado... Continua

T161 < Mila >: "Renilde Lopes..." [Aluna inicia a leitura]

T162 < Prof >: Akira Tonomura! [orientando sobre o ponto da leitura] Isso ele já falou... Vamos lá, Akira Tonomura...shhh!... Vamos lá.

T163 < Mila >: {inaudível}

T164 < Prof >: Um pouco mais alto

T165 < Mila >: Prede... Ah, não sei falar...

T166 < Prof >: Predecessores

T167 < Mila >: {Inaudível}

T168 < Prof >: Tudo bem, pode pular

T169 < Mila >: {Inaudível}

T170 < Prof >: Alemães

T171 < Mila >: {Inaudível}

T172 < Prof >: E com uso

T173 < Mila >: {Inaudível}

T174 < Prof >: Pode continuar, pode continuar

T175 < Mila >: Vai, continua, espertona!

T176 < Nina >: Eu?

T177 < Prof >: "E o trabalho de vocês" [apresenta o ponto da leitura]

T178 < Nina >: Onde tá?

T179 < Prof >: "E o trabalho de vocês certamente"

T180 < Nina >: Onde tá?

T181 < Prof >: Pode continuar..."E o trabalho de vocês poderia..."

T182 < Fred >: "É um equipamento..." [Inicia a leitura]

T183 < Prof >: "Quartzo" [corrige a leitura]

T184 < Fred >: "Quartzo... " [retoma a leitura]

T185 < Prof >: Eu continuo aqui, obrigado. "As franjas de interferência..." [retoma para si o papel da Leitura]

T186 < Prof >: Na animação do Dr. Quantum vocês viram que quando coloca um observador, coloca um detector, o padrão fica só com aquelas duas barrinhas, quando não tem ninguém olhando forma aquela franja inteira... Bom, "e as franjas de interferência seriam diferentes?"

T187 < Prof >: De novo, vocês vão ver que os textos têm uma parte em itálico e uma parte em normal. Quando tá normal, a gente é que tá escrevendo, quem montou o texto fui eu. Quando tá em itálico é só uma tradução, uma versão do texto original. Então, quando ele fala sobre as dificuldades dos experimentos, quando ele fala do trabalho do Feynman, é em itálico. Então, agora, o que interessa a vocês...

T188 <A.N.I. >: Professor, me dá folha

T189 < Prof >: Da entrevista?... Eu tinha deixado aí

T190 < Prof >: Então, agora é com vocês... vocês..., vocês vão montar um cartaz em branco ... vocês vão montar um cartaz com as informações de hoje... Então, pra vocês, o elétron é onda? É partícula? Ou depende?

T191 < Jeff >: Depende

T192 < Fred >: Depende

T193 < Prof >: Depende do quê?

T194 < Fred >: Se ele tá na água... se ele tá na água, ele é onda!

T195 < Prof >: Não, o elétron. Na água, são as ondas de água

T196 < Fred >: Na água ele é onda

T197 < Prof >: Podem responder. Oi, podem responder... E o elétron, é onda ou partícula?

T198 <A.N.I. >: Partícula

T199 < Kelly >: Partícula

T200 < Prof >: Com base no quê?

T201 < Prof >: Pessoal, pra vocês tomarem uma decisão, tem que olharem os dados. Quais são os dados que vocês têm? O elétron sempre se comporta como partícula?

T202 < Kelly >: Não

T203 < Prof >: Sempre como onda?

T204 < Kelly >: Não

T205 < Prof >: Então, eu posso falar que ele é partícula? Que ele é onda?

T206 < Lair >: Não

T207 < Prof >: Ou ele tem apenas o comportamento?

T208 < Nina >: Ai, a preguiça

T209 <A.N.I. >: Ah, professor

T210 < Prof >: Pessoal, não sairei daqui...Só aguardando respostas

T211 < Prof >: Vocês estão com medo de responder?

T212 <A.N.I. >: O quê, professor?

T213 < Prof >: Áhn?... Preguiça de pensar?

T214 < Guga > : Qual que é a pergunta? que eu respondo!

T215 < Prof >: A pergunta é: "E o elétron"?

T216 <A.N.I. >: Mas professor...

T217 <Denis>: É partícula

T218 < Guga >: É onda, é onda

T219 < Prof >: Mas com que base? Qual que é a sua...? Você fala que ele é onda, por quê? Com que base? A gente fez várias experiências. Então, ele é onda pois acontece isso, isso e isso. Ou, ele é partícula pois acontece isso, isso e isso

T220 <Denis>: Eu acho que é partícula

T221 < Prof >: Tem que ser em cima dos dados

T222 <Denis>: Eu acho que é partícula, porque quando ele bate... depois ele junta de novo, ué {inaudível}... ele vai para um lugar específico

T223 < Guga > : Ele vai para onde ele tem que ir

T224 < Beto >: Professor, não tem como explicar!

T225 <Denis>: Ó, porque, tipo assim...

T226 < Prof >: O quê que você acha?

T227 < Beto >: Porque, se ele fosse partícula...

T228 < Prof >: Tira o negócio da boca...

T229 < Beto >: Se ele fosse partícula e passasse pela fenda, ou era para ele tá... Tipo... só com o... ah, eu não sei explicar!

T230 < Prof >: Faz um desenho! Assim, todo mundo tá com dúvida... e a ideia é essa. E a partir da dúvida a gente precisa...

T231 < Beto >: Tipo, se ele passa pela fenda, é pra ele estar assim ó, Aí se ele passasse por duas...eu acho que ele poderia tá daquele jeito lá que tem um monte assim, porque daí as partículas lá iam se batendo e se espalhando, sei lá

T232 < Prof >: Então, anota isso, as partículas iam se batendo entre elas e ele começa a se espalhar. Bacana, é isso que eu estou falando. Qual modelo que você está fazendo? Você pegou uma informação que é real. Eu vi aquele, aquela franja, como é que eu explico? Ah, que tava vindo sozinho e daqui a pouco bate naquela posição da sua franja, naquela posição e naquela outra posição... Você tá colocando que eles se encontram, se batem, bacana, coloca isso.

T233 < Beto >: Mas aí, depois é...depois o negócio acabou com a minha dúvida lá, que falou que tipo ia mandando de um em um... e aconteceu a mesma coisa!?

T234 < Prof >: Primeiro você pensou em vários, anota isso. Primeiro eu pensei em vários. Anota isso

T235 < Joel >: Professor, deixa eu ir no banheiro

T236 < Prof >: Não, você não escreveu nada. Só o nome, não adianta

T237 < Kátia>: Professor, o que que é partícula sub atômica?

T238 < Prof >: É menor que um átomo. Então, quando eu tô falando do elétron, é aquela partezinha do átomo

T239 < Kátia>: Metade do átomo? Não entendi professor

T240 < Prof >: Lembra como que é formado o átomo?... Prótons, nêutrons, lá no núcleo. O próton é uma partícula subatômica, é menor que o átomo. O átomo inteiro é sempre maior do que um próton. Um átomo de hidrogênio, por exemplo, tem um próton e um elétron em volta, que seja. Então se eu pegar só um elétron ele é menor do que um átomo todo

T241 < Prof >: O que que vocês andaram colocando aí?

T242 <A.N.I. >: {inaudível} Partícula

T243 < Prof >: Colocou partícula, mas qual que é a... qual é sua justificativa pra falar que é partícula? O que é que você viu nas nossas experiências, nas nossas aulas, pra falar que é partícula e ponto final?

T244 < Kátia>: Eu não acredito que ele seja somente partícula. Porque, se fosse só partícula... Porque... como que quando ele passa lá pela fenda ele vira... parece onda? Ele se comporta como onda?

T245 < Prof >: Será que utilizando a ideia de partícula você teria como explicar? Como ele faz? Como?

T246 < Kátia>: É porque... óh, se a partícula tem uma trajetória

T247 < Prof >: ãhn?

T248 < Kátia>: Como que ela vai desviar da sua trajetória?

T249 < Prof >: Como é que a gente desviou a trajetória no nosso aparelho de difração?

T250 < Kátia>: Não foi o alumínio, que colocou lá?

T251 < Prof >: Naquele primeiro, como que a gente desviou a trajetória?

T252 < Kátia>: Foi

T253 < Prof >: Com o imã e com a carga elétrica

T254 < Kátia>: {inaudível}

T255 < Prof >: Com o imã e com a carga elétrica. Será que a gente conseguiria fazer isso com a fenda dupla ali?... O que teria...

T256 < Kátia>: Teria que colocar um imã, assim, no meio

T257 < Prof >: Um imã ou uma carga elétrica

T258 < Kátia>: Ou... é, pode ser. Tinha que ter a separação da... ai... da fenda lá, no experimento

T259 < Prof >: Vamos ver lá {1,} rabisque [entrega folha para desenhar]

T260 < Kátia>: Ai meu Deus do céu

T261 < Prof >: Você tá falando aqui da fenda, tá?

T262 <A.N.I. >: Professor, deixa eu ir no banheiro, posso ir?

T263 < Prof >: Depende do que você escreveu de resposta... ah tá, pode ir

T264 < Kátia>: Essa fenda... ele passa, o elétron passa, né? e {inaudível} no vídeo teve o de macro, que era das bolinhas, ou... da... de micro... ele passa e fica dividido pros lados

T265 < Prof >: Tá, quando ele é partícula, ele vai ficar dividido do outro lado, aí você tem aqui...

T266 < Kátia>: Dois, eu acho que pra se transformar em onda tem que ter alguma coisa aqui, ó, entre essa parte

T267 < Prof >: O que que tem aí? Nesse material?

T268 < Kátia> : Pode ser um ímã, ou...

T269 < Prof >: Mas do que que é feita a matéria aqui? Aqui, não é matéria ?

T270 < Kátia>: É. Não é o ferro?

T271 < Prof >: Pode ser. Ferro, do que que é feito o ferro?

T272 < Kátia>: Metal?

T273 < Prof >: Metal, do que que é feito o metal?

T274 < Kátia>: Elétrons

T275 < Prof >: Elétrons, que mais?

T276 < Kátia>: Átomos

T277 < Prof >: Átomos, tá. Então, tá cheio de átomo aqui no meio. Na sua sugestão, então, estes átomos estão atrapalhado os elétrons a passar?

T278 < Kátia>: É, porque deve ter algum que tá atraindo ele

T279 < Prof >: Então... anota isso, é uma outra interpretação, bacana. O que que você escreveu? Tá em branco [se refere a aluno que pede para ir ao sanitário]

T280 < André>: Que em branco o quê

T281 < Lair >: Professor !

T282 < Lair >: Depende do seu comportamento, pode ser isso?

T283 < Prof >: Como assim?

T284 < André>: Olha aqui professor

T285 < Prof >: Tá, eu já vou ver isso aí. O elétron...

T286 < Lair >: Pode ser onda e também partícula, depende de seu comportamento

T287 < Prof >: Mas, como assim? Depende do comportamento do elétron? Ou de quem está observando?

T288 < Lair >: Do elétron, dele mesmo. Por exemplo, se ele for normal, sem aquele negócio que você faz, ele vai bater e depois ele vai se espalhar. Então ele pode ser onda

T289 < Prof >: Mas quem que coloca elétron, o negócio ali?

T290 < Lair >: Não entendi

T291 < Prof >: Você falou que o elétron, que se passar pelo quê?

T292 < Lair >: Pela fenda

T293 < Prof >: Quem que coloca a fenda ali?

T294 < Lair >: Uma pessoa, o cientista

T295 < Prof >: Uma pessoa, o cientista. Então, quem que alterou o comportamento? Foi o próprio elétron que foi pra fenda ou o cientista que colocou uma fenda na frente do elétron?

T296 < Lair >: O cientista

T297 < Prof >: Então, isso que eu tô perguntando, aí no caso você tá querendo colocar assim... o elétron chega, passa numa fenda, mas quem colocou a fenda foi o cientista. Então, aqui você tá falando o seguinte... ó, depende do que que o cientista quer ver, né, no seu comportamento. Aí caberia então, "vírgula, do que o cientista quer ver"

T298 < Vivi >: Se a intensidade da...

T299 < Vivi >: Dependendo da intensidade do aparelho lá que solta os elétrons

T300 < Prof >: Se ele jogar muitos elétrons, o elétron se comporta como partícula?

T301 < Vivi >: Como partícula? Não

T302 < Prof >: Se ele jogar pouco, como onda?

T303 < Vivi >: Se ele jogar pouco, bem devagar, ele fica partícula. Agora, se jogar bastante e a uma velocidade maior, como onda. E, também, dependendo se colocar {inaudível} algo na frente...

T304 < Prof >: Tá, você só descreveu um pouco melhor o que ele tá colocando. Então, se o ser humano entrar lá e mexer um pouco nas configurações, o elétron muda de característica. Perfeito, anota isso. É isso que a gente tem que ver, cada um

T305 < Lair >: O que que é?

T306 < Prof >: Ela tá colocando a mesma coisa, só que de uma forma diferente. Aqui, alterou o comportamento. Ela tá sendo mais específica, se alterar a intensidade que os elétrons estão saindo do filamento, quem que altera isso?

T307 < Lair >: O cientista

T308 < Prof >: É, o cientista. Então, pra ela... ela tá colocando assim, "olha depende do cientista", aí eu vou... tá vendo, ou o experimento, né? Eu vou tá vendo se é partícula ou se é onda, ou o que quer que seja. Perfeito

T309 < Lena >: O professor, o cientista que controla o elétron?

T310 < Prof >: Isso é na teoria dela

T311 < Lena >: Mas qual que é o certo?

T312 < Prof >: ãhn?

T313 < Lena >: Qual que é o certo?

T314 < Lair >: Já tô ficando doido

T315 < Prof >: Na próxima aula vocês vão ver. Eu vou adiantar uma coisa, que é importante pra vocês. Existem quatro interpretações, de várias possíveis, para o elétron. O que ela e ele estão falando é uma das interpretações. O Beto falou uma outra interpretação e a Kátia já falou a terceira interpretação. Ainda falta uma. Vamos ver se a gente chega

T316 < Vivi >: Posso ir beber água?

T317 < Rafa >: {inaudível} se colocar muita intensidade, se colocar muita intensidade no aparelho ele pode se comportar como onda, mas se eu colocar pouca intensidade pode ser, pode se comportar como partícula

T318 < Prof >: Isso aí é o que a Vivi tá colocando, não sei se é exatamente assim, mas tá falando que depende do cientista, de como ele escolhe

T319 < Rafa >: Ó, eu coloquei isso... ó, se for pouca é partícula, se for muita é onda

T320 < Prof >: Tudo bem

T321 < Rafa >: Eu entendi isso

T322 < Prof >: Não, é uma interpretação sua, é isso que eu quero que vocês entendam e aí a gente vai fechar, na hora que a gente fechar, vocês vão ver isso, são interpretações

T323 < Prof >: Perfeito, aqui então você está colocando que "a partícula se comporta como onda", gostei... mas é assim, os átomos estão atrapalhando. {inaudível} Faltou explicar um pouco melhor... pois os átomos, essa agitação dos átomos, alguma coisa, eles tão atrapalhando essa... essa, passagem do elétron

T324 < Lair >: Então é uma questão de interpretação, né professor?

T325 < Prof >: É

T326 < Lair >: Se o cientista... {inaudível} partícula

T327 < Jeff >: Você não sabe o meu nome não?

T328 < Prof >: Jeff?... Eu não decorei ainda {inaudível}, mesmo o dela

T329 < Jeff >: É outro ali também

T330 < Prof >: Então, é nesse sentido que eu já começo a me confundir. {inaudível} Eu dei aula pra {inaudível} ainda hoje. Eu vim aqui ó, cuidado com o olho dela, é, entra. Mas, na hora que eu fui falar pro Rafa tomar cuidado com o papel

T331 < Jeff >: Não é... é que é muito nome

T332 < Prof >: É dá um branco, aí quando você me cobrou eu falei, ah, ferrou. Aí eu lembrei, não, Jeff. Até o ano passado, quando tinha primeiro segundo e terceiro tinha mais de 600 alunos

T333 < Jeff >: Você dava aula aonde professor?

T334 < Prof >: No Paulo Mendes, lá na vila {inaudível}

T335 < Lair >: Professor, posso ir beber água?

T336 < Prof >: Deixa a Vivi voltar

T337 < Prof >: Como é que foi aqui, então?

T338 < Beto >: Posso ir ao banheiro?

T339 < Prof >: Deixa a Vivi voltar, o Rafa eu acho que pediu

T340 < Prof >: Você, eu quero ver o seu texto [se refere a André]

T341 < André >: Tá lá

T342 < Prof >: Então, traz pra eu ver seu texto

T343 < Prof >: Guga! O que que você colocou aqui?

T344 < Guga >: Ah, professor...

T345 < Prof >: O elétron é partícula. Por quê?

T346 < Guga >: ãhn, por quê?

T347 < Prof >: É, o que que te levou a falar que é partícula? Eu vou perguntar isso pra cada um de vocês. Eu já perguntei pro Beto. Denis, você colocou o elétron o quê?

T348 < Denis >: Partícula

T349 < Prof >: Você já tá com essa ideia fixa desde a outra aula, o que que te faz, o que que te faz pensar que o elétron é partícula e ponto?

T350 < Denis >: Ah, porque, no vídeo ali professor, porque quando ele bate, ele se espalha

T351 < Prof >: Mas ele... esse espalhamento, não poderia ser aleatório? Tem que fazer aquelas franjinhas lá? Aquelas barreiras lá?

T352 < Denis >: Ah professor, eu acho que... eu acho que não

T353 < Prof >: Como é que você justificaria aquela... ter a parte branca e a parte escura? Ou seja, tem lugar que as bolinhas acertam mais que em outro

T354 < Denis >: Sim, as bolinhas acertam mais um lugar

T355 < Prof >: Como é que você explica isso?

T356 < Denis >: Porque, tipo, que nem como o Beto disse, quando ela, meio que bate uma na outra, ela pode se espalhar, entendeu?

T357 < Prof >: Mas o que que bate?

T358 < Denis >: Os elétrons, as partículas

T359 < Joel >: Eu sei explicar... mentira, eu não sei não

T360 < Prof >: Ó, aqui tem uma a fenda. O elétron vem aqui e bate?

T361 < Denis >: Isso, é

T362 < Prof >: Bate no elétron que tá aqui na fenda?

T363 < Denis >: É

T364 < Prof >: Ou nele mesmo?

T365 < Denis >: Não, no elétron que tá aqui

T366 < Joel >: Psor, a velocidade das bolinhas também conta, né?

T367 < Prof >: Então tá... Então... você anotou isso?

T368 < Denis >: Não

T369 < Prof >: Os elétrons se interagem

T370 < Beto >: Professor, não tem como explicar

T371 < Prof >: Tem, é o que eu estava falando com eles

T372 < Beto >: Só se for com o vento então...

T373 < Prof >: Não, tá, Denis. Só pra deixar vocês um pouco menos ansiosos, porque o curso quando foi pensando era pra aulas próximas, duas aulas na semana. O Beto durante essa semana passada... nossa, tava desesperado atrás de mim. É o seguinte, pra física quântica, a gente tem interpretações. E o que você está falando é uma interpretação, o que o Denis está falando é outra interpretação, a Kátia falou outra interpretação e aquele grupo levantou outra interpretação. Existem várias interpretações sobre a matéria, as mais utilizadas são quatro

T374 < Prof >: Na próxima aula a gente vai ver e aí você vai poder falar assim, olha, a minha interpretação é essa aqui. Vão poder categorizar. A minha é... eu não posso falar agora pra vocês não procurarem e me sacanearem a aula. E a próxima aula é a última sobre o material, depois a gente vai preparar a culminância, né. Depois vocês vão poder falar: a minha ideia sobre o elétron bate com essa categoria, que tem tais cientistas falando sobre elas. Tem vários cientistas falando sobre ela. Então, é uma interpretação. Por isso que eu falei, anota a sua, porque depois eu vou entregar a sua e, ó, procura a sua naquela lista de interpretações. Tá bom? Lembra da sua, como que era?

T375 < Beto >: De novo professor?

T376 < Prof >: Quero entender se você entendeu a sua

T377 < A.N.I. >: Ah, entendi {inaudível}

T378 < Prof >: Tá bom

T379 < Prof >: E vocês aqui? André. {inaudível}. O que que vocês colocaram aqui? O que que vocês colocaram como interpretação dos elétrons?

T380 < A.N.I. >: Onda

T381 < Prof >: É onda?

T382 < Prof >: André, fecha a porta

T383 < Prof >: Você colocou onda e qual que é sua justificativa do porquê é onda?

T384 < Nina >: Por que é onda? Pelo jeito que... que separa, sei lá

T385 < Prof >: Mas lá na tela não ficaram os pontinhos?

T386 < Nina >: Ficou

T387 < Prof >: Mas, mesmo assim... é onda, por causa da?

T388 < Nina >: Porque separou tudo

T389 < Prof >: Tem alguém que discorda aqui da bancada? Vocês vão comprar a ideia?

T390 < Leco >: Eu concordo

T391 < Raul >: Eu apoio

T392 < Lúcio>: Eu acho que é os dois

T393 < Prof >: Como assim?

T394 < Lúcio>: Porque...

T395 < Prof >: Ela falou só de onda, perfeito! [refere-se a Nina]

T396 < Lúcio>: Porque... como as ondas batiam lá e, não é transferiam, como eu posso falar? Pelos vãosinhos lá?

T397 < Prof >: Transmissão

T398 < Lúcio>: É, transmissão... e o outro também, quando lançava as bolinhas... Assim, as partículas, batia lá na lousa, é uma lousa né?

T399 < Prof >: Isso, é lousa

T400 < Lúcio>:Eu acho que é os dois

T401 < Raul >: Agora eu apoio ele

T402 < Prof >: Olha só, eu tava passando já nas outras bancadas, como entre os encontros já tem um pessoal ficando desesperado, querendo saber as respostas, eu vou dar uma resposta. Existem quatro interpretações para... as partículas. Existem mais interpretações do que essas quatro, mas essas quatro são as mais usadas. Na próxima aula, você vai poder falar sobre a sua

T403 < Lair >: Professor, posso ir? [ao sanitário]

T404 < Prof >: Pode

T405 < Prof >: Então, por exemplo, ele... vai ter que escrever... A dele é uma das interpretações das respostas. A sua é outra. A Kátia tem outra. Aquele grupo tem outra. E o Beto tem mais uma. Então, das quatro, eu achei interessante nessa atividade que... das quatro mais importantes, ainda surgiu mais uma, que a gente não utiliza muito, que foi daquele grupo. Mas a dele, eu tava desesperado pra alguém falar a que ele falou. É nesse sentido que ele falou. Anota, marca, que isso é importantíssimo pra gente

T406 < Prof >: Não, tá certo. Você tava aqui quando eu falei das interpretações? Na física quântica a gente tem quatro interpretações básicas, "geraizonas". Você tá com uma, o Beto tá com outra, aquela bancada tá com uma outra ainda

T407 < Kátia>: Mas o dela é diferente [se refere a Kelly]

T408 < Prof >: Ótimo, porque são interpretações. Vai cair dentro dessas interpretações. Qual que é a...?

T409 < Prof >: Não, tudo bem. Ou é magnético, ou é elétrico, que é o átomo, os dois de qualquer jeito...

T410 < Kátia>: E o dos meninos?

T411 < Prof >: Vocês vão ver que as interpretações, a de vocês são diferentes em alguns pontos, mas são bem parecidas em outros. Perfeito... perfeito, é isso que eu quero. Vocês vão ver que tem várias interpretações. Tem interpretação igual a sua, interpretação igual a sua, mas que depois a gente junta em um bloco só

T412 < Kátia>: Igual a nossa?

T413 < Prof >: Um bloco só é o que? Vocês estão falando, que tem alguma coisa no material que interfere na medição. Perfeito

T414 < Fred >: Era pra desenhar?

T415 < Prof >: Sempre é bom desenhar

T416 <A.N.I. >: E as folhas?

T417 < Prof >: Se quiser ficar com o texto pode ficar, se quiser devolver pode devolver

T418 <A.N.I. >: Tchau professor

T419 < Prof >: Pessoal, atenção, encerrando, entregando

APÊNDICE B - TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA PRÉVIA

<Entrevistador:> Dia 20 de maio, registro do oitavo encontro – entrevista antes da aula

1 <Entrevistador:> Bom dia Professor Élcio, tudo bem? De início, eu gostaria que me
2 contasse como vai ser o encontro de hoje e se houve alguma modificação em relação a SEI.

3 <Professor:> Bom, hoje está corrido, né? Então vamos lá.

4 Bem, o planejado pra SEI... Hoje seria já o oitavo encontro, em que eles vão verificar a
5 experiência do Tonomura. A gente discute a experiência do Tonomura, em que é paulatinamente
6 montado um padrão de interferência com elétrons numa tela. No vídeo original... que até o
7 Tonomura fala no texto dele... dá uma hora, mais ou menos, uma hora e dez. E o vídeo... que ele
8 mesmo editou... que ele divulga, tem um minuto, tá na internet.

9 Tem esse vídeo e, depois da discussão, eu vou passar o vídeo do Dr. Quantum, que é um
10 pedaço do “Quem somos nós”, um filme que... para físico aqui no Brasil... ninguém gostou.
11 Então, eu prefiro não comentar muito sobre esse filme, mas sobre um pedaço. A animação tá
12 muito bem feita e ajuda bastante a discutir com os alunos o assunto porque retoma a primeira
13 experiência feita com partículas, a segunda experiência feita com ondas, a experiência do J.J.
14 Tompson, a experiência do G.P. Tompson e chega em Tonomura. Tudo isso em oito minutos e em
15 um vídeo.

16 Feito isso, a gente debate sobre o material. Se o debate for produtivo, aí a gente vai só
17 responder às questões "do que eles acham do elétron" e estaria fechando isso. Mas, pelo tempo
18 dos vídeos... e como eles não vão interagir tanto com o vídeo, eles não vão mexer no vídeo pois
19 vai ser só uma projeção... eu já preparei um texto da entrevista com o Tonomura, que também é
20 uma entrevista... mais curta que as outras do J.J. e G.P... pra hoje também.

21 Então, pensando que hoje são duas aulas, na primeira aula que é do sétimo encontro e na
22 segunda aula o oitavo encontro. O nono, e último encontro, esse vai ser depois. É quando eles vão
23 conhecer as interpretações da Física Quântica. Então, por enquanto, eu não vou falar nada de
24 interpretação e tudo mais. Então, o que eu to planejando hoje é isso, dentro da SEI seria isso
25 também.

26 Uma coisa que me deixa curioso e apreensivo é que o Beto me procurou durante a semana
27 inteira depois da aula eletiva pra saber "que diacho que é o elétron". Por que ele tá buscando na
28 internet, ele não encontra coisa muito diferente do que a gente tá trabalhando. Ele começou a
29 procurar isso e a me procurar pra ir perguntar. A Lena nas aulas, o Beto fora das aulas, a Tina, o
30 Rafa...assim, alguns alunos daquela primeira bancada que eu sempre aponto, eles foram atrás. E

31 os da segunda também. Eles estão indo atrás de saber o que é isso e me perguntam no meio da
32 sala.

33 Eu estou ficando meio preocupado. Assim, se eu der só uma parte hoje, isso vai ser pouco,
34 porque eles estão começando a ficar mais entusiasmados, porém eles não falam muito. Então, se
35 eu estender demais, talvez morra o interesse, se eu encurtar demais eles nem vão perceber o que
36 passou na frente deles. Então, hoje vai ser aquele dia de tomar cuidado com o timing, de acertar
37 ou não... espero que eu acerte... o tempo deles e valorizar o que eles falarão. É isso, é o que vai tá
38 na SEI.

39 Vai ter uma diferença, bem lembrado. Nas outras (aulas) eu dou em cada encontro duas
40 aulas. E, justamente o primeiro acerto do timing é que, no encontro de hoje, que seriam as duas
41 aulas, eu vou fazer dois encontros, o sétimo e o oitavo. É o que eu espero, pra não matar essa
42 curiosidade do pessoal. É isso o que eu tenho. Então, quanto ao planejado da SEI está ok, mas,
43 quanto ao que a gente estava executando nesses últimos tempos, tem essa diferença, é isso.

44 <Entrevistador:> Entendi. E quais que serão os principais conceitos trabalhados hoje e em
45 que nível de profundidade você espera que eles compreendam estes conceitos?

46 <Professor:> Bom, quanto aos conceitos, a gente vai retomar partícula, vai retomar ondas
47 e hoje não foge disso. O que eles vão aprender hoje, talvez, é que dependendo do cientista...eles
48 vão tá sentindo que a ciência depende do ser humano que tá trabalhando com ela. Então, com J.J.
49 eles trabalharam uma coisa, com G.P outra, com o futebol de ondas um jeito, com o futebol de
50 partículas outro e com Tonomura outro. Tanto é que no texto... se eu chegar a trabalhar com o
51 texto... no texto eu deixo claro duas preocupações.

52 Uma... isso quando eu trabalhei com a Lúcia ela achava importante, a Ana chamava
53 atenção pra isso também... o G.P. e o J.J. praticamente trabalharam sozinhos. No máximo, tem um
54 aluno de graduação lá ajudando a retirar dados, como acontece com Rutterford, isso no início da
55 mecânica quântica. Quando a gente já tá indo da metade do século {XX} pra cá, os grupos já tem
56 cinco, dez, quinze ou, como acontece no experimento Alice do LHC, tem quase três mil
57 trabalhando no experimento. Então, a ideia é mostrar que a ciência está se complexando.

58 Nesse sentido, ele vê que antes era um ou dois cientistas que trabalham com um
59 experimento, depois pronto e acabou. Tanto é que o premio Nobel era só pra ele. Mesmo que
60 fosse dividido com outros que tinham feito a mesma, o mesmo trabalho, mas em lugares
61 diferentes... mas eles se conversaram... Hoje já não dá, ninguém faz nada sozinho, que é o que a
62 gente vê nos prêmios Nobel da década de 70 pra cá.

63 O Bóson de Higgs, por exemplo... que quase foi esquecido um {cientista}... Os dois
64 {cientistas} até ficaram alegres porque um deles morreu. A gente fala bóson de Higgs, mas não
65 foi só do Higgs, outros três cientistas trabalharam nisso... e um morreu e aí deu pra colocar mais

66 um, porque eram quatro se não me engano... Então, eles vão ter que repensar a ideia do prêmio
67 Nobel, porque não dá pra hoje pra dar o prêmio Nobel pra uma pessoa só, como fizeram com
68 Cesar Lattes, deram pro chefe da equipe, que já era uma equipe grande, tinha o Occhialini , o
69 Lattes, o Powell. Só pro chefe não pode! Fica chato.

70 <Entrevistador:> E, falando sobre aulas diferenciadas, como a aula da SEI que envolvem
71 outros objetivos, ela também deve ter, de certa forma, outras preocupações metodológicas quando
72 comparada com uma aula tradicional, E quais seriam essas diferenças, principalmente para a aula
73 de hoje, o que a aula de hoje tem de diferente das aulas tradicionais?

74 <Professor:> Bom, na aula de hoje. Ah, pensando nisso, laboratório, porque laboratório eu
75 comecei agora no laboratório de Química. Eu to dando Química esse ano. No laboratório de
76 Química eu to colocando situações problemas, não mais só “siga o roteiro, faça o bolo, siga o
77 roteiro, faça o bolo”. Situação problema e eles vão buscando. Então, hoje, ainda mais cedo, teve
78 aula de laboratório de Química, que são as quatro primeiras, e foi bacana.

79 Eles tinham três soluções, duas soluções e um sólido em pó e eles tinham que descobrir se
80 o líquido era base, ácido ou neutro, e, após uma reação de interação química entre os três,
81 conseguir identificar qual é o pó. Se o pó não reagisse poderia ser um tipo, um sal qualquer. Se ele
82 reage pode ser carbonato de cálcio ou bicarbonato de sódio. E depois, ainda no relatório, eles vão
83 ter que falar que para descobrir se era sódio ou era cálcio a gente fez uma outra atividade em que a
84 chama do sódio ficaria (...) “Chama colorida”, chama-se a experiência. A solução de sódio quando
85 é aquecida na chama ela fica amarela e a de cálcio vermelho meio tijolo e {daí} eles encerram
86 falando que dá pra eu conseguir até identificar que tipo de substância, qual que era e tudo mais,
87 com as reações, essa era a situação problema.

88 Numa aula de Química normal, às vezes, eu não consigo criar uma situação problema pra
89 eles. É utilizar apostila, ficar naquela aula tradicional que eu mesmo não me aguento. Eu fico
90 pensando: “coitado do aluno”. Eu tento colocar coisas diferentes. Mas quando eu penso na SEI, aí
91 é como se eu estivesse misturando na mesma situação espaço e tempo, né. Ou seja, mudando a
92 metodologia eu consigo juntar o laboratório com a aula de teoria tradicional colocando uma
93 situação problema e aí modifica tudo isso. É nessa visão, é essa visão que eu tenho.

94 O que muda numa SEI? É quando, justamente, eu consigo desenvolver com o aluno uma
95 situação problema que ele possa resolver com os dados que teve nas aulas anteriores. Então, na
96 SEI eu não posso falar assim: “toda aula é uma SEI bonitinha e toda aula vai ter investigação”,
97 mas eu tenho que dar materiais e subsídios pra eles, em outras aulas ou na mesma aula,
98 dependendo do caso, pra que ele possa chegar num processo em que apareça a argumentação e
99 que eu desenvolva ... consiga estimular o argumento dele.

100 Eu penso que a SEI ... uma sequencia de ensino investigativo, tem que ter essas
101 características. Eu tenho que dar materiais pra ele poder se embasar suas informações... suas
102 afirmações, pra daí eles chegarem a uma conclusão... ou não... mas que tenha a justificativa. E os
103 alunos têm dificuldade. Por exemplo, eu mantenho um padrão de argumentação do Toulmin na
104 cabeça pra ajudar o aluno a ver como que ele utiliza... como é que ele estrutura o que ele viu de
105 dados.

106 Por exemplo, as experiências que falaram de partículas, como ele estrutura aquelas
107 experiências pra servir de base pra ele poder afirmar "Olha, o elétron também é partícula porque
108 ele tem as características tais, tais e tais" né, "a menos quando aparece difração, então", a gente
109 coloca um qualificador aí. Então, se eu tenho isso, eu ajudo o aluno, mas ele não segue isso. Eu
110 sei que quando ele argumenta não segue esse padrão. Mas, é um padrão que eu, como professor,
111 tenho que ter em mente pra dar aquela ideia básica pra ele {sobre} como que ele pode argumentar.
112 Depois, ele mesmo se arranja e você vê que ele consegue argumentar melhor, talvez fugindo desse
113 padrão. Então, eu penso na SEI assim... bem... melhor, é uma mistura. Digamos assim, pegando as
114 partes dessas aulas, que são tradicionais, que informam os dados com um laboratório, em que
115 muitas coisas podem ocorrer até... bom, devido às situações problemas, mas de uma forma
116 dinâmica, em sala de aula.

117 O professor tem que ser um pouco dinâmico também, o professor não pode ser aquela
118 pessoa apática na sala de aula. Eu acho que... ehh... não aparece isso no material da Anna, que é
119 onde eu me baseei pros aspectos imprescindíveis e importantes na SEI. Ela não fala que o
120 professor tem que ser dinâmico, ela coloca que tem que ter uma interação do professor com o
121 aluno. O professor tem que fazer as perguntas e que o aluno tem que ter o interesse.

122 Eu acho que falta um pedaço aí. Que o professor, ele tem que "se saber professor". Eu
123 acho que falta mais Paulo Freire aí no meio. Que ele coloca que o professor tem que ser o a gente
124 ativo. Aí o aluno não vai responder muitas questões se professor ficar ali sentado só fazendo
125 perguntas. Se alguém pega a SEI e lê, às vezes pensa assim: "ah tá, então, se eu fizer essas
126 perguntas, vai dar certo" Não é receita de bolo! Então, se eu sentar lá na frente, passo o vídeo,
127 olho para os alunos e pergunto "olha, e agora? O elétron é onda ou partícula?" e ficar parado ali,
128 mas não vai sair nada! Os alunos vão virar pra carteira e vão continuar mexendo no celular.
129 Fazem isso comigo... e eu em cima deles ainda, cutucando, enfiando o dedo na orelha como eu
130 faço de vez em quando... mas é o jeito. Então, muda sensivelmente, assim, o método.

131 <Entrevistador:> E, quando a organização da sala é feita em pequenos grupos, quais
132 cuidados o professor precisa ter quando planeja esse tipo de atividade e quais quando executa?
133 Existe algum tipo de cuidado especial para planejar ou executar atividades em pequenos grupos?

134 <Professor:> É, com pequeno grupo... eu até gostaria de trabalhar com grupos menores,
135 grupos de três ou quatro alunos, e só tem quatro bancadas... eu vi que, quando eu comecei as
136 atividades dessa sequência em sala de aula, fazer os grupos com as carteiras não tava dando muito
137 certo e outros fatores da sala de aula estavam atrapalhando, que era a falta de ventilador... a sala
138 tava muito quente, a gente começou praticamente no verão essa sequência aqui, né. Tava no final
139 do verão, tava quente pra caramba, aí isso atrapalhou.

140 Quando eu mudei pra essa sala de laboratório com quatro bancadas... aí tinha... dava pra
141 fazer em quatro grupos. Foi bacana, mas eu ainda prefiro grupos menores. Porque tem o grupo
142 quatro, que só atrapalha, ele se divide. Praticamente não é um grupo. Eu tenho os indivíduos do
143 grupo quatro, tem dois que interagem entre si e interagem com a sala... com a aula, mas eles não
144 interagem com o grupo quatro, mas eles não se sentem bem com os outros grupos. Então, talvez
145 numa sala de aula, fique melhor fazer essas experiências... essa sequência... por conta disso.
146 Trabalhar com pequeno grupo... pra mim é vantagem, por conta disso: eles discutem. Mas eu
147 tenho que ter afinidade, eu tenho que manter, estimular e manter grupos que tenham afinidade.
148 Por isso que é uma vantagem quando você aplica uma sequência dessa numa sala que você já
149 conhece. Você já tá fazendo uma sequência... professor de primeiro, segundo e terceiro ano
150 deles... você já tá no segundo ano com eles, você é professor deles desde o começo ano, você vai
151 aplicar essa sequência no final do ano pra terceiro ano, é interessante fazer essa discussão. Se bem
152 que eu prefiro no começo do ano mesmo que seja pra terceiro. É, isso é importante nesses grupos,
153 nesse sentido. As particularidades do curso de agora é que eram pessoas que não se conheciam,
154 então não formaram grupos afins logo de começo. Quando tenho turmas... mesmo que eu nunca
155 dei aula pra eles no primeiro e segundo anos... chega no terceiro e começo a dar aula, em pouco
156 tempo... mesmo que eu peça pra eles formarem pequenos grupos pra outras atividades... eu já vejo
157 quais são os grupos afins, já anoto, já verifico. Então, quando eu vou dar a sequência, eu verifico
158 se esses grupos se mantêm pra eu poder estimular melhor a discussão. Então, o que eu fiz até hoje,
159 é tentar manter a mesma bancada, eu espero que se mantenham, o que aconteceu é o pessoal sair
160 {desistir da eletiva}, não teve troca. Vamos ver o que vai acontecer hoje.

161 <Entrevistador:> Entendi. Bem, eu agradeço então, era mais ou menos isso essa primeira
162 entrevista e a gente se vê então depois da aula. Obrigado.

<Fim da entrevista>

APÊNDICE C - TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA PÓS-AULA

<Entrevistador:> Ok, obrigado. Hoje é dia vinte de maio, registro do oitavo encontro.

163 <Entrevistador:>É, boa tarde professor Élcio. Eu gostaria de, como de costume,
164 perguntar como que foi o encontro de hoje e quais as impressões que você teve, assim num
165 panorama mais geral.

166 <Professor:> Começando pelo final, eu gostei da última interação, que o aluno do
167 segundo [ano] fez, em que ele fala da dualidade onda partícula e acredita que o elétron tem
168 essas duas características, na linguagem deles mesmo, ainda não é uma linguagem científica,
169 Eu tenho que... o meu trabalho agora... pro próximo encontro, é ajudá-los a ver o que
170 responderam, o que eles viram hoje e quais as interpretações.

171 Eu achei muito bacana, porque das quatro principais, uma ainda tá faltando. E uma
172 que pouca gente utiliza, das quatro principais, é a dos coletivos estatísticos. E apareceu isso e
173 eu achei fenomenal. Foram três alunos de bancadas diferentes, ou seja, de grupos diferentes,
174 que falaram de coletivos estatísticos atrapalhando as partículas e causando um padrão de
175 interferência. Claro, que assim, a partir daí, se eles quisessem se aprofundar, vamos ver né, se
176 eles vão querer, ou não, ir atrás de livros e filmes sobre essa questão, principalmente os livros.

177 Mas, a aula de hoje, ela começou assim, um pessoal com muito, muito sono, eles estão
178 já ficando cansados e ainda nem chegou o final do semestre. A gente está no finalzinho, já tá
179 acabando, tão dormindo, tão cansados e não conseguem falar. Mas a aula foi tranquila, eu
180 consegui passar e repassar o vídeo do Tonomura, que foi importantíssimo. Alguns viram
181 como constelação, surgimento de estrelas, até lembrar que eu tinha feito a atividade com os
182 elétrons. A discussão foi razoavelmente boa, participação de uns quatro alunos, mais ou
183 menos, pra uma turma de 30, até que tá razoável, 4 já tá bacana, 10% da turma, eu vou olhar
184 essa parte positiva.

185 Aí, o vídeo do... Dr. Quantum me preocupou um pouco, a gente tava sem caixa
186 acústica, tive que ir atrás da, depois da entrevista eu fui atrás de caixa acústica. E duas
187 pequenas só. Tem caixa acústica grande, mas assim, a escola fez uma reforma e eu falei com
188 o Itamar, que é o vice-diretor. A escola fez uma reforma e colocou as caixas acústicas e o
189 pessoal veio instalar no sábado, a gente veio trabalhar no sábado, e faltou um cabo “p10” e ele
190 (Itamar) cortou um pedaço do cabo e instalou pra eles. Mas, aí, eu precisei hoje de um cabo
191 (tipo) p4 pro meu computador pra p10 pra caixa acústica e não tinha.

192 Então, assim, a sala ficou até em silêncio pra assistir o vídeo, achei que foi bacana isso
193 da parte deles, porque assim, mesmo pedindo, às vezes, eles não ficam. Eu pedi, eles ficaram.
194 Eu pude passar o vídeo, pausadamente, parando em alguns trechos e falando: “aqui partícula,
195 aqui onda, aqui elétron, como que tá?”.

196 Depois, a resposta dos alunos, eu não tinha pensado, mas eu resolvi colocar que eles
197 respondessem antes de ver o vídeo o quê eles pensavam do elétron, depois de ver o vídeo se
198 tinha mudado alguma coisa e isso ajudou bastante a eles poderem chegar a uma ideia melhor
199 depois de ver o último vídeo, lá do dr quantum.

200 É, assim, da aula de hoje, eu gostei, do resultado. Eu gostei porque nas discussões
201 surgiram 5 interpretações e eu esperava 3. Quando eu fiz a primeira vez, que eu apliquei esse
202 pedaço da sequência, meus alunos que já me conheciam no Paulo Mendes, eles apresentaram
203 só três das quatro interpretações mais utilizadas. Mas tudo bem, eu não tinha passado o vídeo.
204 Não tinha passado várias outras coisas ali no meio. Eu não tinha feito a sequência completa.
205 Eu só tinha testado esse bloco, falando sobre o Tonomura, falando sobre a experiência e
206 aplicando o vídeo. Então apareceram três.

207 E hoje, com a sequência inteira, apareceram as outras. A dualidade apareceu, apareceu
208 só onda, apareceu só partícula e apareceu complementariedade do Bohr, que é o mais usado
209 até hoje. E um grupo inteiro, que é o grupo 1, praticamente falou a mesma coisa, que é:
210 “depende de quem tá fazendo a experiência”. De forma diferente, cada um com a sua voz,
211 mas os alunos utilizaram a mesma ideia, que dependia de quem tava fazendo a experiência.
212 Eu achei isso bacana.

213 E um aluno, um não, três alunos que falaram dos coletivos estatísticos, que são assim...
214 É uma das respostas mais intrigantes que a gente tem, mas ela responde a uma questão melhor
215 do que as outras: Por que colocar um detector atrapalha o padrão? Quando eu trabalho com
216 coletivos estatísticos, se colocar um detector ele interfere com a fenda. Então eu tenho uma
217 interferência na fenda nos coletivos estatísticos. E aí acaba o problema da fenda porque eu
218 tenho só dois buracos que passam as partículas, se eu não me engano.

219 O coletivo estatístico, ele atrapalharia essa interferência. Então, ao elétron passar no
220 detector, ele atrapalharia esta passagem dele na fenda e, conseqüentemente, lá na frente ele
221 não teria mais essa interação dele com ele mesmo, por exemplo, que é uma dessas das
222 interpretações, que é a da função de onda. Eu achei bacana

223 <Entrevistador:>: Entendi. E como que acredita que foi o trabalho com os conteúdos,
224 com os conceitos, ou seja, de que forma que foi a apropriação que eles tiveram. E quais foram

225 as dificuldades que os alunos apresentaram e de que forma que você tentou lidar com essas
226 dificuldades, ou...

227 <Professor:> Eu notei um erro, eu fiz os slides e notei um erro. Eu coloquei padrão de
228 difração e padrão de interferência, lá nos meus slides. Eu queria me matar, cortar os pulsos
229 com faca cega. Mas, tirando isso, eles mesmos falaram, não é padrão de interferência. Então
230 tá bom. Uma aluna falou difração. Que era o que estava na lousa, quando eu reparei que eu
231 que tinha escrito errado. Puxa vida. Mas eles entenderam.

232 Ah, o conceito partícula para eles tá muito bem definido. Coisa que às vezes não
233 acontece. Quando você termina o ensino médio o pessoal ainda não tem ideia do que é
234 considerar uma partícula... onda, característica de onda. Também achei bacana, que eles
235 conseguiram entender, demora um pouco mais, então foi válida aquela mudança que eu
236 coloquei na SEI. Coloquei mais um capítulo, ou seja, mais um reforço sobre ondas porque no
237 programa de física ninguém fala muito de ondas, nem das suas características. Passa-se por
238 cima, são dois meses e só, e fala “ah, acabou” Eu acho que, é por isso que eu pego no pé do
239 pessoal que fala assim: “Não, tem que ter muita matemática”. Não, tem que ter mais
240 conceito. Tendo o conceito da física... [alguém entra na sala para usar a máquina de xerox]

241 <Professor:> Entra seu Nelson, tá funcionando.

242 <Nelson>: tá funcionando?

243 <Professor:> só não sei se está ligado, tá ligado.

244 Porque... eu posso fazer o cálculo de tudo, mas se eu não tiver conceito, a coisa não
245 vai. Eu preciso fazer, é ter o conceito de como que funciona a partícula, como funciona a
246 onda, como que ela navega, como que ela é transmitida e aí tudo bem. Aí eu posso fazer as
247 contas. Então, por isso que fiz uma escolha quando eu fiz a SEI. Ela tem conceitos. Se os
248 alunos entrarem pra uma faculdade e forem ver, forem discutir, isso, na hora que eles forem
249 fazer os cálculos da física quântica eles, eles podem lembrar de toda a SEI e falar “ah tá,
250 agora eu também posso calcular isso, essas interpretações”. Então, eu vejo dessa forma. Esse
251 conceito sendo mais importante do que os outros aspectos, né, só que agora eu me perdi na
252 sua pergunta. Ah tá, conceito... o conceito, dificuldade que eles apresentaram.

253 <Professor fala com Nelson>: A folha é aqui, eu só não sei se é assim que funciona,
254 Boa sorte.

255 <Nelson:> É também não sei, vou tentar.

256 <Professor:> Dificuldades que eles têm... eles têm dificuldade de verbalizar, até de
257 escrever quando eles tinham dúvidas. Eles não tinham dúvidas, eles tavam com medo de
258 responder, como é o caso do Beto. O Beto, que foi o caso que floresceu no meio da sequência,

259 ele ficou com medo de escrever a ideia dele, que é uma ideia bacana sobre dualidade, ser onda
260 e partícula. Tem dia que ele fazia isso.

261 Então, falar com o grupão, com o grupo grande, não ajudou e com o grupo pequeno
262 ainda tive que reduzir mais o grupo. É como se tivesse fatiado cada bancada em, mais, pela
263 metade ainda. É como se eu tivesse oito grupões... oito pequenos grupos, perdão. E, aí cada...
264 o grupo pequeno sim, bem pequenininho, aí resolveu. Eu perguntava pra eles o que eles
265 tavam... o que que era a opinião deles. Na hora que eles começavam a responder, eles “ah, eu
266 não sei falar”. E que tal desenhar? Então, na hora que desenhava conseguia responder melhor.
267 E eu falava: “então, você tá explicando”.

268 Por exemplo, o que aconteceu com a Kátia. Ah, eu desenho até a fenda pra ela, que é o
269 que às vezes a gente faz, desenho a fenda e falo: “e aqui no meio da fenda, entre os dois
270 buracos, tem material e esse material tá interferindo”. Se um material, que é composto por
271 átomos, tá interferindo, então ela tava utilizando o que a gente chama de coletivos estatísticos.
272 Ou seja, é o problema da estatística da agitação térmica, por exemplo, dos átomos na borda da
273 fenda que taria fazendo esse padrão de interferência. É uma ideia coerente, mas como que ela
274 tava explicando isso? Eu não vou falar “ah, são os coletivos estatísticos”. Ah coitada, ela vai
275 bater em mim. Então, “olha, aqui não tem o átomo” e ela colocou carga elétrica. Já a irmã
276 dela, colocou íon, como se fosse imã, ou seja, ela tava pensando no spin. De qualquer jeito, é
277 uma das formas que o coletivo estatístico explica esses eventos, ou seja, interferências do
278 sistema atômico que forma a minha fenda.

279 Já a da complementariedade não precisou de desenho porque... depende do cientista. O
280 que o cientista escolher o elétron vai ser. Interferência direta do cientista no experimento e eu
281 quero ver a consequência. Vou jogar pro professor de filosofia depois essa questão, como que
282 o elétron fica sabendo o que o cientista que tá querendo dele, né. É a questão que bota fogo na
283 cabeça de quem gosta da área

284 <Entrevistador:>: Inclusive teve uma menina que questionou essa ideia... acho que foi
285 lá da primeira bancada.

286 <Professor:>: Sim, ela pensou: “como que o professor...” e eu fale pra ela “ah, bacana,
287 vai anotando isso daí”. Aí, o que eu percebi, eu não queria falar pra eles sobre as
288 interpretações, só que eu vi que eles já tavam ficando angustiados por demais. Aí, como eu
289 tinha falado antes da aula, do timing, né. Eu senti necessidade de falar das interpretações pra
290 eles ficarem mais calmos, pra eles verem que eles não tão errados, porque eu fiquei com
291 medo, me deu do também, mas eu fiquei com medo de eles falarem assim, “poxa, eu não vou
292 escrever nada porque tá errado” Eles tão muito ainda, eu acho que eu falei em outra

293 entrevista, com aquela ideia que existe o certo e existe o errado. Se o professor fala ótimo,
294 mas não falou que tá certo, então tá errado. E o cara não concorda, eles tão aprendendo
295 comigo.

296 Então, o pessoal do primeiro até que foi melhor. A Kátia já é do terceiro, já me
297 conhece melhor, porque a gente participou lá do master class Alice. E os outros, do segundo
298 tavam com mais medo e aí eu fui incentivando alguns do primeiro e alguns do segundo que
299 tinham mais medo. E aí eu fui lá e: “olha, você tá falando uma das interpretações, existem
300 quatro principais, existem várias, né, interpretações. Quatro principais que a gente vai estudar
301 na próxima aula. Não vou falar qual o nome dela, nem quais são. Eu posso falar o seguinte, o
302 que você falando tá de acordo com uma das interpretações e tem vários cientistas sérios
303 falando sobre ela”.

304 Aí, isso deu calma para os alunos, para eles poderem escrever o que eles pensam.
305 Então, na SEI eu não pensei nisso, né, pra deixá-los calmos entre um encontro e outro. Mas eu
306 não achei que isso fosse provocar a angustia dos coitados. O Beto ficou angustiado, a Milena
307 ficou angustiada, outros alunos falaram: não, não quero mais nem escutar mais. Já tavam
308 querendo... O Denis falou que não viria mais, não cansei, esse negócio pra mim.. pra mim o
309 elétron é partícula e ponto. Porque você fica colocando umas coisas aí que não pode, que ele é
310 onda, aí a gente vê ele assim, mas eu consigo explicar tudo como partícula. Ele falou isso
311 durante a, entre um encontro e outro. E hoje ele tava mais disperso, tava brincando mais com
312 o Jeferson, então não falou muito, eu queria ver se ele falava disso. Ele pegou como partícula
313 porque ele acha que explica tudo, né, ele já pensa em um modelo de átomo, com o eletrom.
314 em volta. E se é o elétron que tá em volta, tem a trajetória, tem posição, ponto acabou. Então,
315 nossa, eles tem uns argumentos bacana. Só tem que fazer que falem isso na hora da gravação,
316 pra ajudar a gente na pesquisa.

317 <Entrevistador:>: Entendi e, pra finalizar, como que vai ser a próxima aula e como que
318 se relaciona com a aula de hoje?

319 <Professor:> A próxima aula já é finalização do curso, eles vão receber um texto com
320 as ideias principais de cada interpretação. É, provavelmente não vou utilizar o que tá na
321 dissertação porque acho que tá muito sério. Tem que ser uma coisa mais, na linguagem deles
322 linguagem deles, né. As entrevistas, eu vou ter que repensar por conta de estar em uma
323 linguagem muito rebuscada, ainda e muito longa. Reduzir mais ainda, para duas ou três
324 páginas, no máximo. Pensando assim, é, se o pessoal participar bastante, gosta de ler bastante,
325 eu deixo o texto do jeito que esta hoje, por exemplo, que é bacana. Mas, se a turma é que nem

326 a turma que eu estou agora, não gosta muito de ler e tal, ainda tá aprendendo, né, tá tomando
327 gosto pela leitura, acho que tem que ter textos mais enxutos. Então eu pensei isso,

328 Pra semana que vem, então, eu já vou enxugar o texto das interpretações. Porque eles
329 vão ter que procurar qual que é a interpretação que eles escolheram. Por isso que eu pedi pra
330 eles anotarem antes, porque eles não vão poder fugir. Na hora que eles pegarem, na semana
331 que vem, as interpretações que eles colocaram. Aí eu vou colocar as quatro interpretações pra
332 eles. A interpretação da complementariedade fala que o cientista pode afetar o jeito que ele
333 estuda a partícula.

334 Vamos ver isso. E aí, cada grupo vai fazer um cartaz com a sua defesa do elétron. O
335 elétron então depende do olhar do cientista. Ou o elétron é partícula. Ou o elétron é onda. Ou,
336 os trabalhos com o elétron dependem dos materiais que estão envolvidos, que é o coletivo
337 estatístico. Olha o elétron, que foi o outro rapaz colocou, navega numa onda, então ele
338 interage como partícula. Pareceu o Menezes falando, o Luiz Carlos de Menezes, esse garoto.
339 Ele navega, viaja como onda e interage como partícula. Foi quase isso que o aluno falou. Eu
340 falei nossa! Fique bobo de ele ter visto isso. Porque, assim, foi a última bancada, aí eu
341 provoquei uma aluna, ela falou o que era. Perguntei para a bancada, que é a bancada 4, o
342 grupo 4, “É, vocês concordam?” Ah, nós concordamos com ela e ele falou “ah, não
343 concordo”. Puxa, isso eu gostei. Quando ele fala assim não concordo, tal, vamos atrás...
344 Nossa, é sempre, é bacana isso. Eu acho muito bacana. É isso.

345 Pra semana que vem a gente prepara a culminância. Na outra semana, você esta
346 convidado, porque nessa semana vai ter culminância, ou seja, vai juntar o pessoal, é 10 de
347 junho se não me engano, vai tá um pessoal pra poder fazer uma culminância, que é uma festa
348 de encerramento, faz à divulgação da eletiva, a comunidade é chamada a participar. Eu vou
349 ver se a gente faz um “comes e bebes” lá pra ver se o pessoal fica mais tranquilo, depois de
350 um semestre inteiro de física quântica talvez eles fiquem mais tranquilos. É isso.

<Fim de entrevista>

APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I. [Para contatos institucionais]

Eu compreendo os direitos dos participantes da pesquisa intitulada **Discursos e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação**, orientada por Lúcia Helena Sasseron, e que tem como pesquisador responsável Leandro Yudi Saca, aluno da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, os quais podem ser contatados pelo e-mail leandro.saca@usp.com e luciasasseron@usp.com ou telefone (11) 995499708. Na qualidade de responsável por esta instituição, autorizo a participação de Leandro Yudi Saca e compreendo como e porque esse estudo está sendo realizado. Os responsáveis pela pesquisa garantem o sigilo, assegurando a privacidade dos sujeitos quanto aos dados envolvidos na pesquisa. Receberei uma cópia assinada deste formulário de consentimento.

Nome, Cargo, Local, Data e Assinatura do responsável.

II. [Para pais e responsáveis]

Eu, _____, RG _____, declaro saber da participação de meu/minha filho/a _____ na pesquisa **Discursos e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação**, desenvolvida junto à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo pelo pesquisador Leandro Yudi Saca, orientado por Lúcia Helena Sasseron, os quais podem ser contatados pelo e-mail leandro.saca@usp.com e sasseron@usp.br ou telefone (11) 995499708. O presente trabalho tem por objetivos: analisar as interações discursivas em sala de aula, e os instrumentos utilizados são: vídeo, entrevistas e transcrição dos áudios. Compreendo que tenho liberdade de retirar o meu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma. A qualquer momento, posso buscar maiores esclarecimentos, inclusive relativos à metodologia do trabalho. Os responsáveis pela pesquisa garantem o sigilo, assegurando a privacidade dos sujeitos quanto aos dados envolvidos na pesquisa. Declaro compreender que as informações obtidas só podem ser usadas para fins científicos, de acordo com a ética na pesquisa, e que essa participação não inclui nenhum tipo de pagamento.

Nome e Assinatura do responsável:

III. [Para os sujeitos participantes da pesquisa]

Concordo em participar, como voluntário/a, da pesquisa intitulada **Discursos e Aspectos Epistêmicos: análise de aulas de Ensino por Investigação**, desenvolvida junto à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo pelo pesquisador Leandro Yudi Saca, orientado por Lúcia Helena Sasseron, os quais podem ser contatados pelo e-mail leandro.saca@usp.br e sasseron@usp.br ou telefone (11) 995499708. O presente trabalho tem por objetivos: analisar o papel do professor nas aulas. Minha participação consistirá em participar ativamente das atividades propostas. Compreendo que esse estudo possui finalidade de pesquisa, e que os dados obtidos serão divulgados seguindo as diretrizes éticas da pesquisa, assegurando, assim, minha privacidade. Sei que posso retirar meu consentimento quando eu quiser, e que não receberei nenhum pagamento por essa participação.

Nome e Assinatura

Local e data.

ANEXO A - ENTREVISTA COM A. TONOMURA

1 Texto: Entrevista com Akira Tonomura

2 **AS ONDAS DOS RAIOS CATÓDICOS SÃO PARTÍCULAS!?**

3
4 Na nossa última entrevista com Físicos que estudaram o
5 comportamento do elétron e suas características, temos agora Akira
6 Tonomura, falando do seu artigo de 1989, reportando as experiências
7 feitas com Endo, Matsuda, Kawazaki e Ezawa, todos de Tóquio, Japão.
8

9 Diferentemente de GP Thomson e de JJ Thomson que trabalharam praticamente sozinhos,
10 para estes trabalhos que agora trazemos a público, o número de pesquisadores envolvidos já é
11 maior. Porém a equipe de Tonomura trabalhou com experimentos e difração de elétrons de forma
12 mais precisa, e cerca de sessenta anos após os trabalhos de GP Thomson e cerca de noventa anos
13 das publicações de JJ Thomson.

14 Nesta entrevista, Tonomura nos conta sobre o trabalho feito sobre os elétrons e como eles
15 produzem padrões de interferência. A experiência de interferência de elétrons em fenda dupla é
16 frequentemente discutida em livros-texto de mecânica quântica, mas que é referida como
17 'impossível, absolutamente impossível de se explicar classicamente, mas é o coração da mecânica
18 quântica', nas palavras de Richard Feynman, segundo o próprio Tonomura. Mesmo assim,
19 Tonomura e sua equipe mostraram e filmaram essa experiência. Apesar de a ideia ser simples, o
20 equipamento não é. Esse tipo de experimento já foi tratado anteriormente por Möllenstedt e Düker
21 em 1954 (na Alemanha), por Merli, Missiroli e Pozzi em 1974 (na Itália) e por Lichte em 1986
22 (na Alemanha). O artigo de Tonomura e sua equipe é de 1988 (no Japão). E esses pesquisadores
23 pertencem a países que atualmente tem suas tecnologias em eletrônica e informática bem
24 desenvolvidas, com economias baseadas no desenvolvimento tecnológico e que, aliado a outros
25 fatores sociais e políticos, favorecem o desenvolvimento econômico e social desses povos. E aqui
26 reside o interesse dessas entrevistas para o nossos leitores: dar nossa contribuição para o
27 desenvolvimento do nosso país, favorecendo o interesse no estudo dessa partícula subatômica, que
28 iniciou há muito tempo, e que ainda nos oferece muito a aprender.

29 Ao final desta sequência de entrevistas, Renilde Lopes, da editoria de Ciência da Folha de
30 Aracaju traz aos nossos leitores informações recentes sobre o elétron. Mesmo sabendo que o atual
31 já pode ter sido superado enquanto esta entrevista foi produzida, como o material trazido pela
32 revista Pesquisa FAPESP de dezembro de 2012, mas que não pôde ser tratada até o final dessa

33 edição. Mas fazemos um convite aos leitores buscarem mais informações sobre o elétron, pois o
34 fim não está próximo.

35

36 Renilde Lopes (RL): Senhor Tonomura agradeço a gentileza de me receber aqui em Tóquio para
37 esta entrevista. Penso que após tantos anos e vários pesquisadores tratando o elétron, a
38 primeira pergunta deva ser: qual a diferença entre o trabalho do seu grupo e dos
39 pesquisadores anteriores?

40 Akira Tonomura (AT): Não há de que, Renilde. Acredito que nosso trabalho completa os
41 predecessores. É a nossa contribuição para a compreensão do elétron. Os trabalhos dos
42 alemães estão relacionados com as técnicas para a construção do biprisma eletrostático de
43 elétrons (por Möllenstedt e Düker) e com seu uso em técnicas para análise de objetos com
44 dimensões atômicas (Lichte). Já os pesquisadores italianos (Merli, Missiroli e Pozzi)
45 preocuparam-se com um trabalho didático, realmente para alunos, com um enfoque
46 estatístico da visão do elétron.

47 RL: ...e o trabalho de vocês?

48 AT: Certamente o nosso trabalho traz uma visão necessariamente dual. No nosso trabalho a
49 dualidade onda-partícula dos elétrons foi realmente demonstrada num experimento de
50 interferência do tipo fenda dupla, usando um microscópio eletrônico equipado com um
51 biprisma e um sistema com sensor – contador de elétrons sensível à posição. Tal como um
52 experimento sempre pensado como um puro experimento mental que nunca pudesse ser
53 realizado. Nós filmamos isso na época, e hoje pode ser visto na internet.

54 RL: Poderia nos esclarecer melhor o que é um biprisma de elétrons?

55 AT: É um equipamento desenvolvido por Möllenstedt e Düker por volta de 1954. Consiste em um
56 filamento, um fiozinho de quartzo metalizado de um micrômetro (que é mil vezes menor que
57 um milímetro) de diâmetro. Este fiozinho fica entre duas placas carregadas eletricamente.
58 Assim, pensando o elétron como onda, a frente de onda dos elétrons passa pelo fiozinho,
59 quebrando-se e produzindo outras ondas que se interferem após o filamento de quartzo
60 metalizado.

61 RL: Mas, se a corrente elétrica é baixa, quantos elétrons passam por vez nesse aparelho?

62 AT: Começamos com mil elétrons por segundo. Porém, depois testamos com feixes de
63 intensidade variável entre 5 mil e 200 elétrons por segundo, reduzindo os valores
64 gradativamente. Então, com um equipamento de medição rápida, foi possível verificar os
65 elétrons interagindo com o detector um a um.

66 RL: Foi possível medir um elétron de cada vez?

67 AT: Isso mesmo.

- 68 RL: Então a experiência durou muito tempo?
- 69 AT: As franjas de interferência foram formadas em 20 minutos, um tempo razoável. Para que
70 tivéssemos as franjas foram necessários cerca de 70 mil, ou seja, uns 14 mil elétrons por
71 franja.
- 72 RL: Como essa experiência é vista pela Física Quântica?
- 73 AT: De acordo com a interpretação da mecânica quântica, um elétron único pode passar por
74 ambas as fendas, “na forma de onda chamada “amplitude de probabilidade” quando há
75 incerteza na posição do elétron na passagem pelas placas que delimitam as duas fendas”, e
76 quando nenhuma observação do elétron é feita em nenhuma das fendas.
- 77 RL: Então o elétron aparece dividido no detector?
- 78 AT: O elétron é detectado como partícula em um ponto da tela do aparelho.
- 79 RL: O elétron se comporta como partícula no detector. E se ele é uma partícula, então não deveria
80 passar por apenas uma fenda?
- 81 AT: Se o elétron é percebido quando passa através das fendas, isso significa que ele passou por
82 uma das duas fendas, nunca por ambas, e a distribuição de probabilidade na tela seria
83 completamente diferente.
- 84 RL: E as franjas de interferência seriam diferentes?
- 85 AT: Elas não existiriam. Nos livros didáticos este experimento é descrito como questão de fato
86 [“matter of fact”, ou seja, deve ser aceita assim mesmo]. O Feynman aponta que “este
87 experimento nunca poderá ser feito dessa forma, pois o aparelho não pode medir coisas em
88 pequena escala”.
- 89 RL: Mesmo assim outros cientistas já conseguiram feitos semelhantes...
- 90 AT: Isso mesmo. Já foi feito com neutrons antes. E no caso de elétrons, dois grupos, um da
91 Universidade de Tübingen e outro da Universidade de Bolonha, demonstraram, na forma de
92 um filme e usando uma câmera de TV muitíssimo sensível, que a observabilidade do padrão
93 de interferência do elétron surge quando a frequência dos elétrons incidentes aumenta. Mas
94 no nosso caso, a nossa intenção era somente tratar desse problema, da difração de elétrons
95 pura e simplesmente.
- 96 RL: E foi possível fechar o assunto então?
- 97 AT: Certamente. Nós realizamos um experimento de fenda dupla, montado como um experimento
98 de pensamento puro que não tinha pretensão de ser executado com precisão, com uma
99 combinação de técnicas de contagem e ampliação de imagens. O resultado foi uma
100 construção paulatina de padrão de interferência exatamente como o predito pela mecânica
101 quântica.