

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO



PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO:

CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL

LINHA DE PESQUISA: EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS

JOÃO PAULINO VALE BARBOSA

**Análise microgenética de processos
de ensino-aprendizagem em aulas de Física
conduzidas em ambientes de aprendizagem colaborativa**

**Belo Horizonte
2017**

João Paulino Vale Barbosa

**Análise microgenética de processos
de ensino-aprendizagem em aulas de Física
conduzidas em ambientes de aprendizagem colaborativa**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo de Moura Vaz da Silva
Universidade Federal de Minas Gerais

**Belo Horizonte
Faculdade de Educação – UFMG
2017**

À minha esposa, Elza, e ao meu filho Pedro,
meus amores.
Deles recebi carinho, cuidado,
e compreensão amiga para
percorrer esse caminho
com serenidade.

B238

BARBOSA, João Paulino Vale

Análise microgenética de processos de ensino-aprendizagem em aulas de Física conduzidas em ambientes de aprendizagem colaborativa / João Paulino Vale Barbosa – 2017.

223f. :il.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo de Moura Vaz da Silva

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

Referências: f. 214-223.

1. Física – Estudo e ensino. I. Vaz, Arnaldo Moura (Orientador).
- II. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Educação.
- III. Título.

CDD:530.07

FOLHA DE APROVAÇÃO (retirar o título depois)

AGRADECIMENTOS

À minha família, principal motivação de todas as caminhadas que fiz até aqui. À minha esposa, Elza, minha companheira de longos anos, com quem compartilhei momentos de grande satisfação, e outros de ansiedade. Obrigado pelo fato de estar sempre presente, nos momentos de nervosismo e de cansaço. Obrigado por aceitar pacientemente minhas ausências e por estar sempre disposta a compartilhar uma cerveja gelada a cada conquista – e não foram poucas. Ao meu filho, Pedro, pela presença solidária nos lanches vespertinos, durante os quais ouvia com disposição e paciência descrições detalhadas de alguns episódios da pesquisa, com as devidas explicações teóricas agregadas. Obrigado pela ajuda imprescindível na redação dos *abstracts* produzidos até aqui.

Ao Professor e colega de trabalho Arnaldo Vaz, orientador desta pesquisa, de quem recebi muita ajuda, para além dos temas desta pesquisa. Obrigado pelos momentos de orientação, em muitos dos quais, dava mais crédito ao trabalho do que eu mesmo. Obrigado também, por mostrar o outro lado da moeda, apontando uma âncora, quando as velas estavam por demais agitadas. Obrigado por ter tido suficiente confiança em mim, concedendo autonomia e valorizando a autoria. Fiz um grande amigo nesta caminhada, por quem tenho grande respeito.

Aos colegas de caminhada Alexandre, Luisa Mejia e Renato, pelas sugestões, pelas críticas – sempre construtivas – e pelas palavras de apoio nos momentos de incerteza. Ao Alexandre, que mais que um colega de trabalho, se tornou um grande amigo. À Luisa, pela risada alegre e contagiante, sempre presente nos animados cafés da tarde e nos inesquecíveis *happy hours*. Ao Renato, pela presença de espírito, compartilhando, com muito bom humor, a “permanente companhia da vaca nas nossas vidas”, fazendo com que, em cada fase de nossos trabalhos, as dúvidas e os retrocessos se tornassem menos importantes que os avanços obtidos.

Aos colegas do grupo de orientação do professor Arnaldo (GOVAZ), jovens ou experientes, por compartilhar um ambiente ao mesmo tempo descontraído e acadêmico, onde sempre tive oportunidade de discutir conceitos que fundamentam o trabalho ou de refletir sobre problemas enfrentados no decorrer dele.

Aos demais colegas do Setor de Física, Sérgio, Helder e Villani, que, juntamente com Arnaldo e Alexandre, se desdobraram para cobrir minha falta durante o período em que estive ausente, permitindo que eu pudesse conduzir minha pesquisa com suficiente tranquilidade.

Aos professores Orlando Aguiar e Adelson Moreira, pela disposição em nos reunir para a banca de qualificação em momento conturbado da política no país, com reflexos diretos na vida acadêmica e que, ainda assim, trouxeram sugestões e críticas fundamentais para o prosseguimento do trabalho.

À minha amiga, Rosane, por aceitar o desafio de fazer a revisão gramatical e ortográfica do trabalho. Muuuito obrigado!

Aos meus pais (*in memoriam*), Olívio e Maria da Conceição (D. Sônia), que me iniciaram na vida, a quem agradeço eternamente pela educação recebida e pelo profundo esforço ao procurar dar aos filhos uma boa escola; tenho absoluta convicção de que a manutenção dos filhos estudando fora de casa não foi algo fácil para trabalhadores assalariados. Sem esta iniciativa eu não teria chegado até aqui. Agradeço também às minhas irmãs, Berenice e Dorotéia, que, apesar da distância, sempre demonstraram interesse pelo que faço e pelo que tenho feito em minha trajetória. Me encorajaram.

Aos amigos João e Ângela, que estiveram presentes não somente nos bons momentos da caminhada, mas também em alguns momentos difíceis, sempre oferecendo um abraço fraterno.

Aos familiares de minha esposa, que sempre me trouxeram palavras de incentivo e de apreço, renovando meu interesse e meu ânimo para terminar este trabalho.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

Com base na lei genética geral do desenvolvimento cultural, de Vygotsky, e outros conceitos da teoria sociocultural, investigou-se estratégias cognitivas cujas descrições pudessem apontar “modos” de socialização do conhecimento em atividades de aprendizagem colaborativa. Aportes de natureza teórica consideram que os ambientes de aprendizagem colaborativa, como aqueles circunscritos por tutoriais de Física introdutória, estimulam o protagonismo dos estudantes por promoverem uma intensificação das negociações sociais de sentidos pessoais, atribuídos aos artefatos culturais mediadores. Nesse contexto, definiu-se como objeto de pesquisa as relações intersubjetivas que se estabelecem nas redes de significação sociogenéticas, mediadas por artefatos culturais. Com essa definição, coloca-se em segundo plano a preocupação com a aprendizagem enquanto produto de estratégias pedagógicas específicas, voltando-se o interesse de pesquisa aos processos e não aos produtos da aprendizagem. Como consequência, buscou-se investigar processos no domínio microgenético das relações intersubjetivas. Para se ter acesso a eventos neste domínio do desenvolvimento humano, propôs-se uma estrutura teórico-metodológica baseada na teoria sociocultural e na análise microgenética. Com essa orientação, investigou-se o contexto de aulas de Física, circunscritas por tutoriais desenvolvidos com base em resultados de pesquisa em ensino de Física. A pesquisa foi conduzida no segundo trimestre letivo de 2015, em uma escola da Rede Federal de Ensino Técnico e Tecnológico, em Belo Horizonte, Minas Gerais, em uma turma da segunda série do curso técnico de Automação Industrial. As aulas de Física, cujo tópico foi o eletromagnetismo, eram conduzidas com os estudantes trabalhando em grupos, tanto no laboratório quanto nas aulas de classe. Dois desses grupos foram selecionados para a análise com base na assiduidade de seus membros. Providenciou-se registros fotográficos dos cadernos dos estudantes, de classe e de laboratório. Com apoio na teoria sociocultural e no conceito de redescrição representacional, de Michael Tomasello, propôs-se uma estrutura de análise para delimitar episódios de potencial interesse, composta de um evento de inflexão e de um evento de redescrição representacional associado a determinados mecanismos subjacentes de cognição compartilhada. Esta estrutura, chamada episódio de cognição cultural, constituiu-se como o principal artefato cultural mediador das ações dos pesquisadores. Transcreveu-se e comentou-se cada episódio de cognição cultural, caracterizando eventos de inflexão e mecanismos de cognição compartilhada com indicadores construídos durante a fase inicial da pesquisa. Com a análise do material empírico, mostrou-se que os mecanismos de cognição compartilhada representam alguns modos de ação com os quais os agentes, envolvidos em sociogênese, respondem às demandas dos outros e da própria atividade. Nas considerações finais, defende-se, por meio de reflexões decorrentes das respostas dadas às questões de pesquisa, a importância da aproximação entre pesquisa e ensino, indicando uma possível agenda de pesquisa. Apresentam-se argumentos em favor da adoção da análise microgenética com o objetivo de fundamentar estratégias de ensino baseadas nas ações e respostas de estudantes diante de problemas enfrentados em situações específicas; apresenta-se como exemplo descrição minuciosa das dificuldades de raciocínio espacial enfrentadas pelos estudantes ao estudar campos magnéticos produzidos em espiras e solenoides. No campo teórico, defende-se o aprofundamento de estudos que visem avaliar a viabilidade do uso do episódio de cognição cultural como unidade de análise e o processo de redescrição representacional como princípio explanatório, considerando ambos no domínio microgenético da atividade humana, desenvolvida em ambientes de aprendizagem colaborativa.

Palavras-chave: Ensino-aprendizagem de Física; ambientes de aprendizagem colaborativa; teoria sociocultural; redescrição representacional; mecanismos de cognição compartilhada.

ABSTRACT

Based on Vygotsky's general genetic law of cultural development and other concepts of sociocultural theory, we investigated cognitive strategies whose descriptions could point out ways of socializing knowledge in collaborative learning activities. Contributions of theoretical nature consider that collaborative learning environments, such as those circumscribed by introductory Physics tutorials, stimulate the students' protagonism by promoting an intensification of social negotiations of personal senses attributed to mediating cultural artifacts. In this context, the research object was defined as the intersubjective relations which are established in the sociogenetic meaning networks, mediated by cultural artifacts. With this definition, the preoccupation with learning as products of specific pedagogical strategies takes a back seat, while the research interest is focused on the learning processes instead of products. As a consequence, we sought to investigate processes in the microgenetic domain of intersubjective relations. In order to have access to events in this domain of human development, we proposed a theoretical-methodological framework based on the sociocultural theory and the microgenetic analysis. With this orientation, we investigated the context of Physics lessons, circumscribed by tutorials developed based on results of research in Physics teaching. The research was conducted in the second quarter of 2015, in a high school of the Federal System of Technical and Technological Education, in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, in a class of the second grade of the technical course of Industrial Automation. The Physics lessons, whose topic was electromagnetism, were conducted with students working in groups, in both laboratory and classroom lessons. Two of these groups were selected for the analysis, based on the high attendance of their members. Photographic recording of classroom and laboratory students' notebooks were obtained. Based on the sociocultural theory and the representational redescription concept by Michael Tomasello, a framework of analysis was proposed to delineate episodes of potential interest, composed of an inflection event and a representational redescription event associated with certain underlying shared cognition mechanisms. This structure, called cultural cognition episode, was constituted as the main cultural artifact mediator of the researchers' actions. Each cultural cognition episode was transcribed and commented on, characterizing inflection events and shared cognition mechanisms with indicators constructed during the initial phase of the research. With the analysis of the empirical material, we showed that the shared cognition mechanisms represent some modes of action with which the agents involved in sociogenesis respond to the demands of others and of the activity itself. In the final considerations, we defend, through reflections arising from the answers given to the research questions, the importance of the approximation between research and teaching, indicating a possible research agenda. We present arguments in favor of the embracing of microgenetic analysis with the objective to underpin strategies of teaching based on the students actions and answers, when they face problems in specific situations; As an example, a detailed description of the students' difficulties on spatial reasoning in studying magnetic fields produced in coils and solenoids is presented. In the theoretical field, we defend the deepening of studies to evaluate the viability of the use of the cultural cognition episode as unit of analysis and the representational redescription process as explanatory principle, both considered in the microgenetic domain of human activity, developed in collaborative learning environments.

Keywords: Physics teaching and learning; collaborative learning environments; sociocultural theory; representational redescription; shared cognition mechanisms.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

FAE-UFMG – Faculdade de Educação – Universidade Federal de Minas Gerais

CECIMIG (FAE-UFMG) – Centro de Ciências e Matemática de Minas Gerais

COLTEC/UFMG – Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais

PCN's – Parâmetros Curriculares Nacionais

NSES – National Science Education Standards

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

TIC's – Tecnologias da Informação e Comunicação

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

OIE-UNESCO – Oficina Internacional de Educação – UNESCO

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

SBENBIO – Associação Brasileira de Ensino de Biologia

ESERA – European Science Education Research Association

EUA – Estados Unidos da América

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1.1: Elementos fundamentais do domínio microgenético.	37
Ilustração 2.1: Planos cognitivos em relação dialética na sociogênese.	77
Ilustração 3.1: Disposição dos grupos nas aulas de classe.	101
Ilustração 3.2: Disposição dos grupos nas aulas de laboratório.	102
Ilustração 3.3: Elementos de um episódio de cognição cultural.	109
Ilustração 4.1: Regra da mão direita, de Ampère, encontradas nos livros didáticos.	115
Ilustração 4.2: Equipamentos utilizados em uma das atividades de laboratório.	117
Ilustração 4.3: Diagrama vetorial, reproduzido no quadro, pelo professor, durante uma aula de laboratório.	130
Ilustração 4.4: Pedro propondo uma mudança no diagrama desenhado por Sofia.	132
Ilustração 4.5: Recorte do relatório apresentado por Sofia.	135
Ilustração 4.6: Diagramas vetoriais.	136
Ilustração 4.7: Bobina e bússola (réplica da ilustração 4.2).	141
Ilustração 4.8: Durante a plenária, o professor utiliza objetos improvisando-os como artefatos para materializar ideias abstratas.	143
Ilustração 4.9: Diagrama construído pelo professor no quadro, durante uma aula de laboratório.	143
Ilustração 4.10: Pedro indica para Sofia a direção e sentido dos vetores campo magnético da Terra e campo magnético da bobina, no diagrama vetorial.	146
Ilustração 4.11: Pedro aponta o sentido da corrente elétrica e do campo magnético da bobina em uma aula de laboratório.	147
Ilustração 4.12: Diagrama vetorial, feito pelo professor; proposta de diagrama vetorial, elaborado de acordo com explicações dadas por Pedro.	148
Ilustração 4.13: Diagrama vetorial simples e diagrama vetorial múltiplo.	150
Ilustração 4.14: Conjunto bússola-bobina (réplica da ilustração 4.2).	152
Ilustração 4.15: Diagramas vetoriais desenhados pelo professor no quadro durante a preleção – um diagrama simples e um diagrama múltiplo.	152
Ilustração 4.16: Sofia em atenção conjunta com Pedro, que executa uma redescrição representacional do diagrama vetorial.	158
Ilustração 4.17: Pedro mostra a direção do campo magnético da bobina com os dedos e com o polegar mostra a direção do campo magnético da Terra.	159
Ilustração 4.18: Thales indica a polaridade da bobina com as mãos espalmadas, utilizando a “regra da motocicleta”.	162
Ilustração 4.19: Equipamento usado em uma das aulas de laboratório, no qual os estudantes estão tentando determinar os polos magnéticos da bobina.	164
Ilustração 4.20: Thales “desenhando” com as mãos, as linhas de campo em torno dos condutores superiores da bobina.	169
Ilustração 4.21: Excerto do relatório da atividade LAB08, retirado do caderno da estudante Elisa.	170
Ilustração 4.22: Reprodução da figura do tutorial sobre interações magnéticas, mostrando o sentido da corrente, e a identificação dos fios.	172
Ilustração 4.23: Proposição didática, conforme o tutorial, para apresentar a semelhança entre o campo magnético de uma espira percorrida por corrente elétrica e o campo magnético de um ímã em forma de barra.	176
Ilustração 4.24: Thales utiliza os dedos para transpor, para o espaço tridimensional da experiência, a representação proposta pelo professor no quadro.	180
Ilustração 4.25: Representação das linhas de campo da espira e de um ímã em barra, feito pelo estudante Thiago.	181

Ilustração 4.26: Duas espiras, desenhadas no quadro pelo professor.	187
Ilustração 4.27: Esboço do campo do solenoide, retirado do material de trabalho do estudante Thiago.	189
Ilustração 4.28: Interpretação, a partir de imagens de vídeo, do movimento em espiral que Elisa faz com o dedo sobre a figura do solenoide.	190
Ilustração 4.29: Aplicação correta da “regra da motocicleta” em atividade individual da estudante Elisa.	193
Ilustração 5.1: Reprodução da ilustração 3.3 (episódio de cognição cultural).	195
Ilustração 5.2: Diagrama vetorial, com os vetores colocados na posição real dos campos magnéticos.	204
Ilustração 5.3: Representações do campo do solenoide, dos estudantes do grupo H, Elisa, Thales e Thiago.	209

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Ocorrência de publicações em periódicos da área de Ensino de Ciências e Ensino de Física, entre jan/2011 e dez/2015.	69
Quadro 2.2: Quadro comparativo dos preceitos de uma abordagem microgenética, conforme a literatura e os novos preceitos, segundo nossa proposta.	81
Quadro 3.1: Tópicos abordados nos cursos de Física.	86
Quadro 4.1: Recorte cronológico das atividades de ensino para a turma de estudantes voluntários.	113
Quadro 4.2: Cronologia dos episódios em que ocorreram os eventos de interesse, relacionados ao grupo C, com breve descrição dos episódios destacados.	119
Quadro 4.3: Cronologia dos episódios em que ocorreram os eventos de interesse, relacionados ao grupo H, com breve descrição dos episódios destacados.	120
Quadro 4.4: Indicadores de eventos de inflexão, apontados em caráter precário no primeiro e segundo níveis de análise.	123
Quadro 4.5: Indicadores de mecanismos de cognição compartilhada, subjacentes a processos de redescrição representacional, com destaque para aqueles que foram consolidados no segundo e terceiro níveis de análise.	123
Quadro 4.6: Cronologia dos episódios em que ocorrem os eventos de interesse para o grupo C, com destaque para o episódio central.	128
Quadro 4.7: Descrição do cenário que antecede o episódio central – grupo C.	131
Quadro 4.8: Evento de inflexão do episódio central – grupo C.	134
Quadro 4.9: Processo de redescrição representacional do episódio central – grupo C.	138
Quadro 4.10: Descrição do cenário que antecede o episódio anterior ao episódio central – grupo C.	141
Quadro 4.11: Evento de inflexão do episódio anterior ao episódio central – grupo C.	144
Quadro 4.12: Processo de redescrição representacional do episódio posterior ao episódio central – grupo C.	149
Quadro 4.13: Descrição do cenário que antecede o episódio posterior ao episódio central – grupo C.	153
Quadro 4.14: Evento de inflexão do episódio posterior ao episódio central – grupo C.	155
Quadro 4.15: Processo de redescrição representacional do episódio posterior ao episódio central – grupo C.	157
Quadro 4.16: Cronologia dos episódios em que ocorrem os eventos de interesse para o grupo H, com destaque para o episódio central.	161
Quadro 4.17: Descrição do cenário que antecede o episódio central – grupo H.	163
Quadro 4.18: Evento de inflexão e processo de redescrição representacional do episódio central – grupo H.	167
Quadro 4.19: Descrição do cenário que antecede o episódio anterior ao episódio central – grupo H.	173
Quadro 4.20: Evento de inflexão do episódio anterior ao episódio central – grupo H.	177
Quadro 4.21: Processo de redescrição representacional do episódio anterior ao episódio central – grupo H.	183
Quadro 4.22: Descrição do cenário que antecede o episódio posterior ao episódio central – grupo H.	185
Quadro 4.23: Evento de inflexão do episódio posterior ao episódio central – grupo H.	188
Quadro 4.24: Processo de redescrição representacional do episódio posterior ao episódio central – grupo H.	191

Quadro 5.1: Eventos de inflexão, destacados nos episódios de cognição cultural, analisados para os grupos C e H.	197
Quadro 5.2: Mecanismos de cognição compartilhada, associados a processos de redefinição representacional, destacados nos episódios de cognição cultural, analisados para os grupos C e H.	199

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1. Breve descrição dos capítulos da tese.....	21
1.2. As razões que me movem.....	23
1.3. Justificativas.....	26
O contexto e o problema de pesquisa.....	27
Abordagem microgenética.....	34
O objeto e os objetivos da pesquisa.....	35
Uma unidade de análise adequada ao domínio microgenético.....	38
Questões de pesquisa.....	39
2. ESTRUTURA TEÓRICO-METODOLÓGICA.....	41
2.1. Teoria sociocultural e aprendizagem.....	41
2.1.1. Artefatos culturais e conceitos.....	43
2.1.2. Sociogênese, mediação e significação.....	51
2.1.3. Cognição e redescrição representacional.....	54
2.1.4. Cognição compartilhada em ambientes de aprendizagem colaborativa.....	59
2.2. Análise microgenética.....	64
2.2.1. A análise microgenética na literatura específica.....	65
2.2.2. Análise microgenética, teoria sociocultural e estudos de processos.....	66
2.2.3. A análise microgenética na pesquisa em ensino de Física e de Ciências.....	68
2.2.4. O problema do método nas investigações em ensino-aprendizagem.....	70
2.2.5. Redescrição representacional como unidade de análise.....	76
2.2.6. Cinco pontos para uma abordagem microgenética.....	79
3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	83
3.1. Contextualização da investigação.....	84
3.1.1. A escola e a turma.....	84
3.1.2. O currículo do curso de Física.....	85
3.1.3. As aulas de Física para a segunda série.....	86
3.1.4. O pesquisador no contexto da investigação.....	89
3.1.5. Cuidados éticos.....	90
3.2. Visão geral da estrutura da pesquisa.....	92
3.2.1. O problema de pesquisa.....	92
3.2.2. O objeto de pesquisa.....	95
3.2.3. Questões da pesquisa.....	96
3.3. Procedimentos de coleta e registro dos dados.....	100
3.3.1. Registros – fontes dos dados primários.....	100
Gravação em áudio e em vídeo.....	101
Cadernos de campo.....	103
Cadernos dos estudantes.....	103
Definição dos grupos a serem investigados.....	104
3.4. Procedimentos de construção dos dados.....	105
3.4.1. Análise em primeiro nível.....	106
3.4.2. Análise em segundo nível.....	107
3.4.3. Análise em terceiro nível.....	108
4. ANÁLISE DOS DADOS.....	111
4.1. Contextualização conceitual dos episódios analisados.....	114
4.2. Análise em primeiro nível.....	118
4.3. Análise em segundo nível.....	121
4.4. Análise em terceiro nível.....	125

4.4.1. O grupo C.....	126
Caracterização.....	126
Notas prévias à análise.....	127
Episódio central.....	128
Episódio anterior ao episódio central.....	140
Episódio posterior ao episódio central.....	151
4.4.2. O grupo H.....	159
Caracterização.....	159
Notas prévias à análise.....	160
Episódio central.....	161
Episódio anterior ao episódio central.....	171
Episódio posterior ao episódio central.....	184
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	195
5.1. Retomada das questões de pesquisa.....	196
5.2. Implicações para o ensino.....	201
5.3. Implicações para a pesquisa.....	210
6. REFERÊNCIAS.....	214
7. ANEXOS.....	224
Anexo A – Diagrama Vetorial Obtido na Atividade LAB08A.....	224
Anexo B – Roteiro do Laboratório LAB08A.....	225
Anexo C – Relatório da atividade LAB08 – Grupo C.....	227
Anexo D – Roteiro do Laboratório LAB09A.....	229
Anexo E – Atividade de classe – Tutorial 7.....	231
8. APÊNDICES.....	235
Apêndice A – Episódio central – cenário – grupo C.....	235
Apêndice B – Episódio central – eventos de inflexão e processos de redescrição representacional – grupo C.....	237
Apêndice C – Episódio anterior ao episódio central – cenário – grupo C.....	239
Apêndice D – Episódio anterior ao episódio central – evento de inflexão – Grupo C.....	241
Apêndice E – Episódio anterior ao episódio central – processo de redescrição representacional – Grupo C.....	244
Apêndice F – Episódio posterior ao episódio central – Cenário – Grupo C.....	246
Apêndice G – Episódio posterior ao episódio central – evento de inflexão – grupo C.....	248
Apêndice H – Episódio central – Cenário – grupo H.....	251
Apêndice I – Episódio central – Evento de inflexão e de redescrição representacional – grupo H.....	254
Apêndice J – Episódio anterior ao episódio central – Cenário – grupo H.....	258
Apêndice K – Episódio anterior ao episódio central – Evento de inflexão – grupo H.....	262
Apêndice L – Episódio posterior ao episódio central – Redescrição representacional – grupo H.....	265
Apêndice M – Termos de Consentimento Livre e Esclarecido.....	268
TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ao aluno.....	268
ASSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO PARTICIPANTE.....	270
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO aos pais.....	270
CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO PARTICIPANTE.....	272
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO professores.....	273
CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO PARTICIPANTE.....	275

1. INTRODUÇÃO

Como professor, com bastante experiência no ensino de Física, sempre me chamaram a atenção os casos de estudantes que, apesar de despenderem um grande esforço comportamental, não conseguem estabelecer um diálogo razoavelmente significativo com esta área de conhecimento escolar. Para eles, parece difícil construir um canal de comunicação que lhes permita a apropriação de conceitos pertencentes aos sistemas simbólicos dessa disciplina de maneira a lhes proporcionar suficiente desenvoltura em sua aplicação, mesmo em situações mais simples. Em contrapartida, há aqueles estudantes que, com pouca ajuda, avançam com desenvoltura nos tópicos estudados.

Pensando nestes aspectos do ensino de Física, inerente ao trabalho de professor, apresento neste capítulo introdutório, as principais razões que me motivaram a propor essa pesquisa, a justificativa para sua implementação e os objetivos que me propus perseguir. Para isso, recorro no texto, ainda que de forma tangencial, a alguns autores cuja leitura ajudou a organizar minhas próprias ideias e a definir o problema de pesquisa. Farei isso introduzindo alguns conceitos para que o leitor possa acompanhar as ideias aqui apresentadas sem, entretanto, sobrecarregá-lo desnecessariamente. Tais conceitos, fundamentais para a estrutura teórico-metodológica da pesquisa, serão retomados com o devido cuidado no [capítulo 2](#). Antes, porém, faço uma apresentação de como este trabalho está organizado.

1.1. BREVE DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS DA TESE

O leitor deve ter observado que os parágrafos no preâmbulo estão na primeira pessoa do singular, e assim também será observado na seção 1.2, na qual aponto as razões, mais gerais, as quais tiveram origem na minha trajetória profissional e no meu interesse pelas questões relacionadas ao ensino e à aprendizagem, e que me motivaram a desenvolver este trabalho. Falo de um período que antecede a pesquisa, apontando algumas referências que exerceram, e ainda exercem, uma grande influência na maneira como vejo tais questões.

A partir da seção 1.3, passo a utilizar a primeira pessoa do plural, mais condizente com os referenciais teóricos adotados neste trabalho, voltando à primeira pessoa do singular quando necessário. Ao usar a primeira pessoa do plural, demonstro o reconhecimento de que

as ideias e conceitos aqui expostos certamente foram apropriados após terem sido socializados em diversas oportunidades, ora no grupo de pesquisa, ora nas disciplinas cursadas, nas seções de orientação, ou ainda quando fazia reflexões mediadas por leituras silenciosas.

Ao apresentar, na introdução, as justificativas para implementar a pesquisa, evoco ainda que superficialmente, alguns dos principais conceitos que utilizaremos no transcórre do texto, para que o leitor possa reconhecer minimamente de que lugar falamos. Dessa forma, acredito ser possível mostrar como as ideias de caráter mais geral, aliadas a algumas preocupações particulares, evoluíram para se constituir como um projeto de pesquisa.

Após a Introdução, no capítulo 2, optamos por aprofundar a discussão teórica com as interpretações que fazemos dos diversos conceitos envolvidos. Neste capítulo, apresentamos nossas interpretações dos conceitos de artefato cultural, sociogênese e redescrição representacional – ou de como nos apropriamos deles – e como eles entram na articulação entre teoria sociocultural e análise microgenética. Além disso, apresentamos a redescrição representacional como unidade de análise e também elencamos cinco pontos para que a adoção da análise microgenética esteja em acordo com os pressupostos da teoria sociocultural.

No capítulo 3, apresentamos o delineamento metodológico, ou seja, a história da construção das estratégias metodológicas de pesquisa; mostramos como a recursividade se tornou importante na construção não somente dos dados, mas do próprio método de pesquisa, que não estava dado a priori. Neste capítulo, o leitor tomará conhecimento do contexto da pesquisa e terá uma visão geral da estrutura da pesquisa. É onde apresentamos com maior profundidade o problema e o objeto de pesquisa, e as questões que formulamos para abordar o problema.

No capítulo 4, apresentamos e analisamos os dados. O processo de construção dos dados ocorreu sempre nos dois sentidos possíveis do percurso criativo, tanto da teoria aos dados quanto dos dados à teoria. Essa recursividade também provocou uma constante revisão das estratégias metodológicas, como salientamos no capítulo 3. O volume de dados construídos e considerados na análise tornaram extenso o capítulo 4, mas ilustrado com muitas imagens, as quais se referem a eventos prototípicos destacados na análise.

Finalmente, no capítulo 5, apresentamos, com base na análise dos dados, as respostas às nossas questões de pesquisa, aprofundando algumas reflexões que emergiram no capítulo anterior. Também no capítulo 5, discutimos as implicações deste trabalho para o ensino de

Ciências, e também para a Pesquisa em Ensino de Ciências.

1.2. AS RAZÕES QUE ME MOVEM

Muito – e há muito tempo – se tem discutido as razões para as dificuldades que muitos estudantes têm para se apropriar dos conceitos da Física, de forma a lhes proporcionar razoável desenvoltura. Essa preocupação com a aprendizagem conceitual, sempre presente em toda minha vida profissional, já ocupou um tempo em minha vida acadêmica, desde que ingressei na pós-graduação em ensino de Ciências até chegar ao Mestrado em Educação, quando iniciei minha trajetória como pesquisador.

O curso de especialização em Ensino de Ciências, promovido pelo CECIMIG (FAE-UFMG), permitiu meu primeiro contato com a Pesquisa em Ensino de Ciências. Neste curso, tive a oportunidade de conhecer algumas passagens do livro *Educating the Inquiring Mind*, (CLAXTON, 1991). Ele trazia, naquela época, um argumento contundente sobre os resultados alcançados pela educação científica, no ocidente, naqueles últimos anos [se referindo às décadas de 1970/1980]. Segundo ele, “não temos [tínhamos] um problema com a educação em Ciências; temos [tínhamos] um desastre”. Esta declaração dizia respeito a resultados de pesquisas que se referiam ao fato de que muitas pessoas, profissionais de várias áreas, eram incapazes de explicar fenômenos e situações do cotidiano em termos científicos.

Para autoridades educacionais e pesquisadores em ensino de Ciências europeus isso era um sinal de que o ensino de Ciências continuava ineficiente, apesar da extensa produção empírica acadêmica na área, ocorrida na década de 1970. Tal produção acadêmica, configurava o chamado movimento das concepções alternativas e consistiu na investigação de respostas equivocadas, dadas por estudantes a certas perguntas, no âmbito do conhecimento científico escolar¹. Trata-se de um volume muito grande de resultados de pesquisa na área de Ensino de Ciências. Tais resultados apontavam um alto grau de persistência e de robustez para respostas consideradas equivocadas do ponto de vista da ciência escolar, e intrigavam pesquisadores e professores.

A preocupação com a aprendizagem continuou sendo o foco do meu trabalho no curso

1 Trabalhos como os de Driver, Guesne e Tiberghien (1985), Pfundt e Duit (1991), Osborne e Wittrock (1985), e Gilbert e Watts (1983), são considerados boas referências sobre o tema.

de mestrado. Naquela oportunidade, a pesquisa foi realizada em um ambiente de aprendizagem construído para que os estudantes pudessem trocar ideias, valorizando o trabalho em grupo, em um contexto com muitas atividades práticas. As intervenções do professor eram planejadas para serem dialógicas, estimulando a participação dos estudantes. O objetivo da pesquisa era descrever possíveis modelos mentais relacionados ao conceito de energia.

Nos três anos dedicados ao mestrado, o campo da Educação em Ciências estava vivendo um momento de transição de perspectivas teóricas. As pesquisas no campo da Educação estavam fortemente embasadas nas ideias piagetianas sobre o desenvolvimento psicológico dos estudantes, mas havia muitas lacunas sobre as ações pedagógicas que poderiam ser propostas para atacar o problema da aprendizagem. O que se conhecia das ideias de Piaget, da maneira como eram compreendidas por muitos dos seus intérpretes, parecia não ser suficiente para produzir uma resposta convincente àquela questão (BASTOS; NARDI; DINIZ, 2001; MORTIMER, 1996; OSBORNE, 1996; SOLOMON, 1994). Desse período para cá, muitos trabalhos desenvolvidos na área da Educação passaram a ser fundamentados nos escritos de Lev Vygotsky e naqueles que se propuseram a desenvolver suas ideias. Abordagens socioculturais dos problemas do campo da Educação vinham construindo a concepção de que a cultura forneceria os meios para que as pessoas pudessem se apropriar do conhecimento.

Nessa perspectiva, algumas tendências teóricas passaram a orientar novas abordagens para a pesquisa. Alguns pesquisadores passaram a focar a construção de conhecimento nas ações do sujeito ou na atividade (James Wertsch – teoria da ação mediada; Yrjo Engeström – teoria da atividade) ou, mais especificamente, no uso de artefatos culturais que medeiam as ações das pessoas no enfrentamento de problemas e na solução de tarefas (Michael Tomasello – sociogênese, Michael Cole – artefatos culturais). Para nós, ambas as vertentes estão de acordo com o fato de que há uma tensão constante na relação sujeito-objeto, e que a construção de significado e a atribuição de sentido – e portanto, a aprendizagem – se dão nessa tensão irreduzível, na qual se destaca a questão da mediação (WERTSCH, 1999, p. 50–58).

Minha volta ao ambiente acadêmico permitiu restabelecer um contato com novas leituras e releituras de autores dos quais nunca me afastei por completo desde a conclusão do mestrado. Essas leituras trouxeram de volta questões latentes, subjacentes às discussões sobre

a aprendizagem, sempre presentes no campo da Educação, expressas nas tensões estabelecidas entre elementos historicamente dicotômicos. Dentre essas dicotomias, podemos citar: *passividade versus protagonismo* – relacionada à atitude dos estudantes – e *aprendizagem individual versus aprendizagem social* – relacionada à cognição; *objetivação versus subjetivação*; e *inatismo versus construtivismo*, exposta e aprofundada com os argumentos de Jerry Fodor por ocasião do debate entre Jean Piaget e Noam Chomsky, na década de 70. Naquela ocasião, em suas considerações, Fodor rejeitava a ideia de que a aprendizagem poderia se desenvolver em relações sociais ou culturais, o que ficou caracterizado posteriormente como o paradoxo da aprendizagem², e que ainda hoje é considerado um grande desafio ao construtivismo (BEREITER, 1985; COLE, 1996a, p. 274; DANIELS, 2003, p. 47–52; ENGESTROM, 1987, p. 52–56; PIATELLI-PALMARINI, 1983, p. 187–192).

Algum tempo depois de concluir o mestrado, minha trajetória profissional me levou ao Colégio Técnico da UFMG (COLTEC/UFMG) onde leciono desde 2010. O trabalho desenvolvido neste ambiente de excelência acadêmica me devolveu a expectativa de retomar a trajetória de pesquisador interrompida após a conclusão do mestrado. Minhas observações recentes como professor, no contexto das aulas de eletromagnetismo, mostraram que os estudantes participavam de forma ativa das tarefas, ensejando muitos momentos de ricas discussões em torno dos artefatos culturais disponíveis nas atividades. Assim, vislumbrei a possibilidade de investigar, nesse contexto, as relações intersubjetivas que ocorrem nas situações em que estudantes externalizam os sentidos pessoais que atribuem aos conceitos do sistema simbólico em estudo.

Essa nova forma de conduzir as aulas de Física me colocou mais uma vez diante daquelas dicotomias, sempre presentes na Educação em Ciências. Entre elas, duas merecem destaque: *aprendizagem individual versus aprendizagem social* e *passividade versus protagonismo*, respectivamente. Estas duas dicotomias estão profundamente relacionadas ao problema e ao objeto de pesquisa deste estudo e também aos fundamentos que constituem o referencial teórico adotado aqui, a teoria sociocultural. Além do fato de se constituírem entre

2 O paradoxo da aprendizagem está relacionado ao pressuposto de que se aprendemos algo novo a partir de um conhecimento prévio, então a aprendizagem seria impossível, ou teríamos de admitir o nativismo para a primeira célula de conhecimento. Jerry Fodor, também citado por Bereiter (1985), afirma que “*não há, literalmente, algo como a noção de aprender um sistema conceitual mais rico do que o que já se tem; nós simplesmente não temos ideia de como seria ir de um sistema conceitualmente empobrecido a um sistema conceitualmente mais rico, por qualquer coisa que se pareça com um processo de aprendizagem*”. Daniels (2003, p. 47–52) trata desse tema e apresenta propostas (de outros autores) como tentativa de explicar o paradoxo. Por exemplo, Cole (1996a, p. 273–275), apresenta uma solução para o paradoxo se apoiando na

as principais razões que me motivam a fazer pesquisa em Ensino de Física, elas se constituem em reflexões importantes que justificam teoria e metodologia neste trabalho. Assim, voltarei a elas na próxima seção, onde apresento as justificativas para a pesquisa.

O retorno àquelas questões relacionadas ao ensino e à aprendizagem de Ciências me fez perceber que o problema levantado por Claxton permanecia latente, de forma implícita, nos textos relacionados ao estado da arte da Pesquisa em Ensino de Ciências. Alguns desses textos versavam sobre o presente e o futuro da pesquisa na área (BASTOS; NARDI; DINIZ, 2001; MORTIMER, 1996). Esses trabalhos apontavam para um cenário de pesquisa baseado na valorização dos contextos em que se dava a aprendizagem, ou seja, reconhecia, de maneira geral, o papel imprescindível da cultura no desenvolvimento dos sujeitos.

Após esse período, durante o qual me adaptava ao novo contexto profissional, acabei me aproximando do grupo de orientação do Professor Arnaldo Vaz em função do interesse comum pela leitura da obra *Cultural Psychology – A once and future discipline*, de Michael Cole. As discussões a respeito dos capítulos dessa obra foram fundamentais para o amadurecimento do projeto de pesquisa, que contou com a colaboração crítica dos colegas desse grupo. O suporte teórico oferecido pela teoria sociocultural e o contexto de ambientes de aprendizagem colaborativa e em atividades de laboratório, me encorajaram a apresentar um projeto de pesquisa ao doutorado, por meio do qual, mais uma vez manifestava minha preocupação com a aprendizagem conceitual.

No decorrer do ano de 2013, apresentei projeto de pesquisa ao programa de pós-graduação em Educação para o ingresso no doutorado, no qual fica destacado o interesse em investigar as relações intersubjetivas no domínio microgenético, um caminho que encontrei para me aproximar dos detalhes das relações intersubjetivas, nas situações de ensino-aprendizagem, nas quais se valoriza o protagonismo dos estudantes na socialização do conhecimento.

1.3. JUSTIFICATIVAS

Nesta seção, vamos apresentar as justificativas para as escolhas que fizemos em relação ao contexto da pesquisa e ao objeto de pesquisa, e como eles se relacionam com o

lei genética geral do desenvolvimento cultural, de Vygotsky.

problema formulado, evocando alguns conceitos que constituem a estrutura teórico-metodológica que apoia nossa investigação.

Começamos por situar o leitor sobre como nossas reflexões sobre uma mudança de perspectiva na pesquisa e no ensino de Ciências influenciaram nossa escolha em propor investigar um contexto educativo no qual os estudantes trabalhassem em colaboração; apresentamos, a seguir, como o problema de pesquisa emergiu nesse contexto.

Apresentamos também as justificativas para uma abordagem microgenética do problema formulado. Depois, mostramos como a abordagem microgenética nos ajudou a delimitar o objeto de pesquisa e os objetivos da pesquisa, com as justificativas para a adoção de uma unidade de análise que nos permitisse investigar o objeto de pesquisa no domínio microgenético. Finalmente, apresentamos as questões de pesquisa, com as quais enfrentamos o problema apresentado.

Ressaltamos que nossas escolhas não estão desvinculadas de uma estrutura teórico-metodológica mais abrangente, na qual o principal suporte é a teoria sociocultural. Adiantamos que a ordem em que as ideias são apresentadas neste capítulo, e também em toda a tese, foram elaboradas por um processo de construção e reconstrução, com constantes idas e vindas aos estudos teóricos e aos dados, como deveria ser vista toda história social de construção de sentidos e de consolidação de significados. Assim, a sequência dos capítulos, neste trabalho, guarda uma ordem que julgamos lógica e didática, com o objetivo de facilitar a leitura e a compreensão do nosso estudo.

O contexto e o problema de pesquisa

A definição de um problema de pesquisa não está desvinculada da preocupação com as questões sobre a aprendizagem manifestadas na seção anterior. A grande quantidade de dados produzidos pelo movimento das concepções alternativas, nas décadas de 70 e 80, fez surgir um grande desconforto causado pela sua persistência, mesmo após alguns anos de escolaridade. A análise desses dados levou à percepção de que as ideias piagetianas, consideradas por alguns autores como excessivamente individualistas, não poderiam auxiliar na tarefa de ensinar uma grande quantidade de estudantes de forma a substituir tais concepções pelas concepções científicas, conforme se acreditava possível (DRIVER et al., 1994; DRIVER; GUESNE; TIBERGHIE, 1985; DUSCHL, 2000). Diante desse contexto,

começou a ocorrer um deslocamento do foco das pesquisas, do sujeito para o ambiente social, ou, de como mudanças no meio (na cultura escolar) implicariam mudanças nos sujeitos. Para um grupo de pesquisadores, ficava mais difícil sustentar qualquer posição epistemológica a respeito da aprendizagem que não levasse em conta aspectos socioculturais.

No final dos anos noventa, Rosalind Driver, Paul Newton e Jonathan Osborne criticaram a educação científica praticada até então (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000), manifestando uma nova preocupação com relação ao ensino de Ciências, que, segundo eles, era sustentado por uma “visão positivista” da Ciência. Entre as sugestões apresentadas naquela ocasião, está a promoção de um ensino de Ciências significativo, com a recontextualização das práticas de ensino fundamentadas na ideia de um conhecimento científico socialmente construído, fortemente baseado nas práticas sociais dos cientistas, como a construção de argumentação, a comunicação de resultados e o convencimento pela persuasão.

Esses dois movimentos – de valorização dos aspectos sociais-culturais e do protagonismo dos estudantes para a construção do conhecimento – contribuíram para pavimentar o caminho para novas abordagens na Pesquisa em Ensino de Ciências e também ofereceram subsídios para o planejamento pedagógico da condução do ensino de Ciências, tendo como referência as práticas científicas (DUSCHL, 2008; GRANDY; DUSCHL, 2007; MUNFORD; LIMA, 2007).

Por outro lado, várias reformas educacionais ocorreram pelo mundo nos anos 90 (no Brasil, foram propostos os PCN's em 1996). Embora tais reformas fossem profundamente influenciadas por diretrizes político-econômicas dominantes, subliminarmente incorporadas ao Relatório da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI, da UNESCO, elas agregavam alguns parâmetros que também apontavam uma desejada mudança no ensino de Ciências, enfatizando o desenvolvimento de habilidades e competências dos estudantes.

Os trabalhos de Driver, Newton e Osborne passaram a representar um marco nas diretrizes do ensino de Ciências, defendendo a necessidade de se desenhar ambientes de aprendizagem que favorecessem o protagonismo dos estudantes. Embora isso tenha ocorrido no final do século XX, essas ideias já estavam presentes nos escritos de John Dewey. Em 1910, em sua obra *Como Pensamos*, ele manifestava preocupação semelhante sobre o papel da escola, afirmando:

A escola não consegue aumentar a capacidade de compreender – inestimável resultado educativo – principalmente porque se esquece de promover as condições a ser ativamente usadas como meio de realizar consequências, de prover projetos que estimulem a inventiva e o engenho dos estudantes, para que estes proponham objetivos a conseguir, descubram meios de levar a efeito as consequências pensadas. Toda rotina, toda atividade exteriormente ditada é inútil para o desenvolvimento da capacidade de entender, embora proporcione destreza na execução (DEWEY, 1979, p. 149).

Embora se refiram ao ensino de Física para estudantes universitários, Arons e Redish (1997) também são porta-vozes dessa preocupação. Eles chamam a atenção para esse fato, quando assumem uma posição favorável à adoção de estratégias de ensino que valorizem a iniciativa e o protagonismo dos estudantes:

Aponto agora a seguinte verdade indesejada: tanto quanto nós rejeitamos as implicações, a pesquisa está mostrando que a exposição didática de ideias abstratas e de linhas de raciocínio (por mais atraente e claro que o façamos) para ouvintes passivos conduz a resultados pateticamente baixos de aprendizagem e compreensão, exceto para aquela pequena porcentagem de estudantes especialmente dotados para a disciplina (ARONS; REDISH, 1997, p. vii).

Os pontos de vista defendidos por Dewey, Arons e Redish, assim como aqueles apresentados por Driver e Newton, nos oferecem um argumento robusto para a adoção de propostas de intervenção pedagógica como as atividades conduzidas em ambientes de aprendizagem colaborativa. Estas devem ser desenhadas para que os estudantes possam se apropriar dos artefatos do sistema simbólico em estudo, assumindo a condição de protagonistas diante dos desafios a serem enfrentados no caminho.

Já faz algum tempo que a equipe de professores de Física do COLTEC, das turmas de segunda série do Ensino Médio, vem adotando abordagens pedagógicas que valorizam o protagonismo dos estudantes no ensino de Física. O trabalho realizado com os Tutoriais de Física Introdutória, adaptados para o Ensino Médio por professores desta equipe³, e também com os roteiros das atividades de laboratório, asseguram as condições para que sejam atendidas as demandas por um ensino de Física e de Ciências em que os estudantes assumam o desejado protagonismo.

Os tutoriais utilizados nas atividades desenvolvidas pelos estudantes propõem situações-problema que, em geral, são divididas em fases. Cada fase é planejada para estimular os estudantes a destacar o objetivo a ser alcançado, observar aspectos da situação

3 Os Tutoriais de Física Introdutória foram desenvolvidos por Lillian McDermott, Peter Shaffer e colaboradores do Grupo de Ensino de Física da Universidade de Washington/Seattle (MCDERMOTT; SHAFFER, 2002) e adaptados para o ensino médio por Arnaldo Vaz e Alexandre Faria (COLTEC) e Josimeire Júlio (UFSCar). Daqui em diante, vamos nos referir a eles apenas como “tutoriais”.

que mereçam ser estudados, e depois decidir que tipos de estratégia e quais ferramentas podem ser utilizadas para alcançar o objetivo.

Como professor de duas turmas da segunda série, comecei a perceber a riqueza das discussões estimuladas pelo uso dos tutoriais nas aulas de classe, quando os estudantes discutiam resultados verificados em demonstrações experimentais ou o uso de ferramentas matemáticas diversas, como vetores e equações matemáticas. Nas aulas de laboratório, ocorria o mesmo enquanto manipulavam equipamentos como bússolas, ímãs e outros materiais, além de gráficos gerados por aplicativos específicos. Esses contextos, criados pela equipe de professores da equipe da segunda série, rico em relações intersubjetivas, envolvendo situações prototípicas de engajamento, com estudantes questionando os colegas, construindo explicações e oferecendo alternativas para a abordagem dos problemas enfrentados nas diversas atividades, se mostrava propício à condução de uma investigação dos processos de aprendizagem, preservando a autenticidade das interações nas relações intersubjetivas, aspecto fundamental para a construção dos dados da pesquisa.

Essas características do contexto nos chamaram a atenção quanto à possibilidade de investigar a emergência de estratégias cognitivas específicas em atividades colaborativas, que pudessem ser associadas à apropriação do conhecimento científico escolar socialmente compartilhado. Nessas ocasiões, percebemos a diversidade de modos com que os estudantes abordavam os problemas enfrentados, ou as soluções que propunham para resolvê-los, muitas vezes surpreendentes e inesperadas, mesmo do ponto de vista de professores experientes. Nosso problema de pesquisa pode então ser formulado da seguinte maneira: Como estudantes constroem o conhecimento científico escolar em ambientes de aprendizagem colaborativa?

Entretanto, os detalhes dos processos da construção de conhecimento pelos estudantes nas condições dadas nos ambientes de aprendizagem colaborativa, se mostravam inacessíveis apenas com a observação direta, diante da diversidade de falas e de ações dos estudantes, gerando eventos simultâneos de potencial interesse; esse cenário se constituiu como um problema de pesquisa no campo metodológico. Nos impomos, então, o desafio de construir uma estrutura de investigação teórico-metodológica que permitisse uma maior aproximação dos detalhes desses processos, mas que, ao mesmo tempo, procurasse preservar as condições dadas nos ambientes de aprendizagem colaborativa, minimizando eventuais interferências do pesquisador na ecologia do microsistema investigado.

Este ambiente, promotor do protagonismo, também oferece condições de estudar as tensões dialéticas entre o individual e o social, que se manifestam em duas formas dicotômicas que nos referimos na seção anterior e que queríamos destacar: *aprendizagem individual versus aprendizagem social e passividade versus protagonismo*.

Não é difícil perceber que a preocupação manifestada por Rosalind Driver, Richard Duschl e outros pesquisadores em Ensino de Ciências, relaciona-se diretamente a essas dicotomias, que não estão presentes apenas no campo da Educação. A dicotomia *aprendizagem individual versus aprendizagem social* está presente em todas as áreas das Ciências Humanas, às vezes deslocada para os conceitos de *mente versus cultura*, cuja necessidade de superação foi defendida por Michael Cole (COLE, 1996b, cap. 5).

Na psicologia, por exemplo, a investigação sistemática de variáveis específicas de fenômenos que ocorrem juntos, justificaria o isolamento do fenômeno psicológico das “perturbações” introduzidas pelo meio social. Foi assim com relação ao estudo da mudança conceitual, tratada como um fenômeno cognitivo puramente individual (MERCER, 2007).

Para nós, a discussão em torno dessas dicotomias é importante porque, do ponto de vista teórico que adotamos, elas são inerentes aos processos de aprendizagem, uma vez que nosso objeto de pesquisa exige uma reflexão tanto sobre o papel do sujeito quanto o da cultura e de seus artefatos⁴. Ao se investigar o desenvolvimento dos sujeitos com relação ao conhecimento científico escolar, no que diz respeito à apropriação dos artefatos culturais dos sistemas simbólicos em estudo, depara-se inevitavelmente com o reconhecimento de uma tensão constante entre o que se considera como inerente à habilidade individual e aquilo que se considera subjacente aos elementos sociais-culturais. Essa questão tem sido debatida desde o início do século XX, durante um período reconhecido como de crise na psicologia, como mencionado por Vygotsky (CAHAN; WHITE, 1992; LORDELO, 2011). A respeito desse tema, Neil Mercer (2007) desmembra a dicotomia estabelecida entre o individual e o cultural em outras duas:

A escolha entre explicações cognitivas e sociais pode ter sido prejudicada por uma confusão entre duas dicotomias proposicionais bastante diferentes; “O conhecimento é individual e mentalmente construído x o conhecimento é distribuído e socialmente

4 Artigos publicados na revista *Educational Psychologist* (v. 42, nº 1, 2007), comentados por Neil Mercer (opus cit.) no mesmo volume, representam um esforço que tem sido feito no sentido de aproximação entre “mente e cultura”, como defende Cole. Ver também (LIN et al., 2015) como exemplo dessa tentativa. Os autores utilizam o pensamento relacional (*relational thinking*) como unidade de análise com o mesmo objetivo.

construído” e “os mecanismos principais para a mudança conceitual são intramentais x os mecanismos principais para a mudança conceitual são intermentais”. (p. 77).

Para Cole (1996a), por exemplo, a inclusão das atividades cotidianas na análise do comportamento e das ações individuais teve como consequência a inserção definitiva da cultura como elemento fundamental para o entendimento dos processos psicológicos do sujeito.

Desde que o papel da cultura foi reconhecido como fundamental para a psicologia, muitos trabalhos teóricos têm sido apresentados, nos quais a ideia de mediação proposta por Vygotsky tem sido reelaborada e incorporada à compreensão dos fenômenos que envolvem o contexto da cultura escolar, especialmente aqueles diretamente relacionados à aprendizagem (BRUNER, 2005; COLE, 1996c; CONNOLLY; BRUNER, 1972; DANIELS, 2002, 2003; DANIELS; COLE; WERTSCH, 2007; ENGESTROM, 1987, 2012a, MATUSOV, 2007, 2011; WERTSCH, 1985a; WERTSCH; TULVISTE, 2002). Como Vygotsky, estes e tantos outros autores, seguidores da teoria sociocultural, têm sido referência frequente na Pesquisa em Ensino de Ciências contemporânea (por exemplo AGUIAR; MORTIMER; SCOTT, 2010; JORNET; ROTH, 2015; MORTIMER; ARAÚJO, 2014; ROJAS-DRUMMOND; MERCER, 2003).

Segundo Pérez e Santigosa (2005), ainda hoje a dicotomia entre o social-cultural e o individual persiste, pois enquanto há um reconhecimento de que os seres humanos têm capacidade e necessidade de viver em contextos culturais, de outro lado, para muitos psicólogos acadêmicos, o papel da cultura na construção da vida mental é apenas secundário. Cole (1996a), mostra que essa questão também está presente no âmbito da antropologia: “a cultura deve ser localizada nos produtos de atividades humanas anteriores ou deveria ser localizada internamente, como um conjunto de conhecimentos e crenças?” (pág. 118). Ele conclui dizendo que “... nos últimos vinte anos do século XX, [...] o aspecto ideal da cultura tem prevalecido no debate – a ideia de símbolos aprendidos e sistemas de símbolos compartilhados que são localizados na cabeça das pessoas”.

Concordamos com o ponto de vista de que os processos cognitivos incorporam tensões dialéticas que ocorrem nas ações metadirigidas, e que se manifestam no comportamento dos sujeitos. Dessa forma estamos reconhecendo e adotando a postura de que a aprendizagem não é um fenômeno cognitivo puramente individual (MERCER, 2007).

Nesse sentido, acreditamos que a aprendizagem é um processo dialético e relacional,

por meio do qual o sujeito constrói um sentido pessoal às ações compartilhadas por outras pessoas diante de problemas vivenciados ao longo do tempo. O sujeito passa a significar o mundo e toma consciência da vida cultural, por meio da observação das atividades e por imitação das ações de outros sujeitos (subjetivação), nos contextos das relações estabelecidas pela mediação de artefatos culturais. Na outra via dessa relação dialética intersubjetiva, os processos de objetivação se referem a processos de externalização da cultura, quando artefatos culturais (materiais ou simbólicos) são usados para comunicar e “materializar” as intenções implícitas ou explícitas subjacentes às ações práticas ou intelectuais (argumentações, descrições e explicações).

Na escola, os estudantes se veem diante de sistemas simbólicos estáveis, cujos conceitos foram construídos e compartilhados socialmente, consolidados através de processos de negociação de significados na cultura. Dessa forma, os processos que permitem o acesso a esse sistema são também sociais-culturais, ou seja, são primeiro mediados interpsicologicamente e depois se tornam processos intrapsicológicos; processo que Vygotsky denominou como “lei genética geral do desenvolvimento cultural” (VAN DER VEER; VALSINER, 1988, p. 54; VYGOTSKY, 2008, p. 57).

Nas atividades colaborativas, como aquelas mediadas por tutoriais, em comparação com atividades de ensino tradicionais, dois pontos devem ser destacados: (1) há uma intensificação das negociações sociais de sentidos pessoais atribuídos aos artefatos culturais, evidenciando que a cognição individual se mescla de forma difusa na cognição social, conforme a lei genética geral do desenvolvimento social, e (2) os estudantes vivenciam situações em que são estimulados a deixarem a zona de conforto – e portanto, são levados a assumir, ainda que em graus diferentes, o protagonismo diante das situações-problemas enfrentadas.

Com o propósito de atentar para os detalhes que ocorrem, em curtos períodos de tempo, nas interações entre os estudantes em ambientes social e culturalmente estruturados como os ambientes de aprendizagem colaborativa, nos dedicamos a estruturar uma abordagem microgenética, com base na teoria sociocultural, com a qual abordaremos o problema de pesquisa.

Abordagem microgenética

Segundo Wertsch (1985a, p. 55), Vygotsky havia reconhecido a importância dos eventos microgenéticos no estudo das ações mediadas por artefatos culturais, mencionando dois tipos de eventos microgenéticos. O primeiro diz respeito à “formação de processos psicológicos de curta duração que ocorrem quando uma pessoa está fazendo uma tarefa repetitiva”. O segundo tipo diz respeito ao “desdobramento de uma ação conceitual ou perceptiva, que transcorre no intervalo de milissegundos”. Nosso interesse de pesquisa está nestes eventos que ocorrem no domínio microgenético, nos quais podemos olhar para os processos de subjetivação e objetivação da cultura, fundamentais para a investigação.

Wertsch (1985a) definiu o estudo microgenético como “um estudo longitudinal de curto prazo”. Muitos autores vêm se valendo desta definição, mas enfatizam que, adotar a análise microgenética significa direcionar o olhar do pesquisador para as minúcias, para os detalhes das ações e interações das pessoas, e os efeitos que elas promovem na rede de significações, e na própria pessoa, se constituindo em uma abordagem dialética do objeto de pesquisa (ver, por exemplo, BRANCO, 1993; GÓES, 2000; MOLON, 2008; ROSSETTI-FERREIRA; AMORIM; SILVA, 2000).

Assim, começamos a desenvolver uma proposta de abordagem microgenética para as ocorrências observadas nas relações intersubjetivas. Por meio de pesquisas iniciais no Portal Periódicos Capes, procuramos conhecer a literatura específica a respeito do tema para caracterizar a análise microgenética. Paralelamente, uma revisão bibliográfica da literatura em Pesquisa em Ensino de Ciências revelou que essa perspectiva tem sido pouco utilizada no campo, seja como estrutura teórica, seja como estrutura metodológica. Ainda assim, os trabalhos que encontramos enfatizam um ou outro aspecto daquilo que se poderia caracterizar como uma abordagem microgenética (se necessário, consultar a [seção 2.2.3](#)).

A análise microgenética tem como preceito fundamental a identificação de um evento que determina uma mudança no fluxo da atividade. Nossa expectativa é a de que o estudo das implicações dessa mudança, nos diversos aspectos da atividade, nos permita identificar modos de socialização do conhecimento no meio social-cultural. Nossos esforços em construir uma estrutura teórico-metodológica de investigação vai ao encontro dessa expectativa.

Defendemos a importância de se investigar processos de aprendizagem no plano microgenético, pois eles podem revelar detalhes importantes de processos que são induzidos

pela atividade. Acreditamos que esses processos ocorram de forma mais espontânea nas atividades colaborativas por duas razões. Primeiro, porque os estudantes exercem um papel de protagonismo induzido pela atividade e pelas condições do contexto, e segundo, porque as atividades circunscritas por tutoriais são planejadas com base em uma extensa produção de pesquisa em torno do seu uso (ver, por exemplo, AMBROSE et al., 1999; BENEGAS, 2007; FINKELSTEIN; POLLOCK, 2005; GOERTZEN; SCHERR; ELBY, 2009; MESTRE, 2012; SLEZAK et al., 2011; VOKOS et al., 2000), provocando situações conflituosas, algumas das quais já descritas na literatura de Pesquisa em Ensino de Física como concepções alternativas. Vaz, Júlio e Faria (2013) se referem a estas situações como “situação de desconforto produtivo”, que ocorre com uma certa frequência no desenvolvimento das tarefas circunscritas pelos tutoriais (FARIA, 2016, p. 57–59).

A abordagem microgenética das situações de desconforto produtivo e de outros eventos nos quais os estudantes reelaboram a compreensão de fenômenos experienciados ou elaboram respostas a questões específicas propostas nos tutoriais (ou pelos pares), aponta naturalmente para o objeto de pesquisa, e ambos antecipam objetivos que orientam a pesquisa.

O objeto e os objetivos da pesquisa

A demarcação de um objeto de pesquisa é fundamental para a elaboração do desenho da pesquisa e da estratégia para se atingir os objetivos. Convictos de que a construção de conhecimento se dá no plano social e na mediação da relação sujeito-objeto por artefatos culturais, encontramos em Tomasello um conceito adequado para demarcarmos nosso objeto de pesquisa. Trata-se do conceito de sociogênese. Para Tomasello (2003, p. 56, 57), a sociogênese é a gênese social do conhecimento, ocorrendo nos processos de colaboração conjunta entre dois ou mais sujeitos, que se reúnem para enfrentar problemas subjacentes às atividades humanas de todo tipo.

O conceito de sociogênese, desenvolvido por Tomasello, reúne dois fundamentos da teoria sociocultural: a lei genética geral do desenvolvimento cultural, de Vygotsky, e a questão da mediação, na a qual Tomasello inclui os artefatos culturais. Assim, verificamos que a abordagem do problema de pesquisa se apoia em conceitos fundamentais da teoria sociocultural (VYGOTSKY, 2005, 2008) e seus desdobramentos, como propõem alguns autores acerca do conceito de mediação (ver, por exemplo, COLE, 1996a; COLE; ENGESTROM, 1993; DANIELS, 2003; TOMASELLO, 2003; WERTSCH, 1999).

O olhar sobre o domínio microgenético das relações intersubjetivas, nas atividades colaborativas, permite que nos aproximemos dos detalhes dos processos que ocorrem nas interações entre sujeitos e os artefatos culturais que medeiam suas ações, em situações de sociogênese. Portanto, no presente estudo, não se constitui como objetivo a investigação da eficiência de determinadas abordagens de ensino no resultado alcançado pelos estudantes envolvidos (produtos da aprendizagem). Desenhadas com o intuito e o mérito de apontar diretrizes para melhorar as condições de aprendizagem, pesquisas com esse objetivo têm produzido conhecimento crítico relevante, se constituindo como um campo de pesquisa reconhecido, plenamente justificado.

Assim, o foco deste trabalho se volta para os processos de aprendizagem, no domínio microgenético, que possam apontar eventuais recursos cognitivos e sociais que os estudantes constroem para socializar sentidos e significados de conceitos/artefatos culturais presentes no ambiente de aprendizagem. Tais recursos acabam sendo omitidos quando a análise fica restrita aos resultados da atividade de ensino.

Isso não significa dizer que os processos observados no domínio microgenético, em atividades de ensino tradicionais ou não, sejam mais ou menos importantes do que a investigação sobre a aprendizagem em outros domínios genéticos. Reconhecemos que a aprendizagem não é um processo linear e que as condições para que ela ocorra dependem de muitas variáveis, sendo que algumas delas, por inúmeras razões, são inacessíveis ao trabalho de investigação. Além disso, sabemos que a escola é um espaço formal de ensino, mas não é o único. Portanto, no nosso entendimento, as pesquisas realizadas em salas de aula podem contribuir para apontar mecanismos de aprendizagem que emergem exclusivamente neste contexto.

Trabalhos sobre a proposição de tutoriais a partir de resultados obtidos pela Pesquisa em Ensino de Física, ou sobre o uso pedagógico de atividades orientadas pela pesquisa, têm sido publicados enfatizando os produtos da atividade (ver, por exemplo AMBROSE et al., 1999; BENEGAS, 2007; FINKELSTEIN; POLLOCK, 2005; GOERTZEN; SCHERR; ELBY, 2009; MESTRE, 2012; SLEZAK et al., 2011; VOKOS et al., 2000)⁵. Tais resultados de

5 Ambrose et al se referem aos tutoriais originais destinados a estudantes dos cursos de graduação (Tutoriais de Física Introdutória, desenvolvidos por Lílian Mcdermott e equipe (MCDERMOTT; SHAFFER, 2002)); Benegas trata do uso de tutoriais no Ensino Médio; Goertzen aponta a necessidade de treinamento de professores assistentes no uso de tutoriais; Mestre apresenta um estudo com estudantes de vários níveis de ensino; Slezak, Finkelstein e Vokos também tratam do uso de tutoriais para graduandos, sendo que Finkelstein trata da resistência de alguns estudantes em relação à abordagem com tutoriais.

pesquisa agregam valor considerável à avaliação e reorientação das próprias práticas pedagógicas, como outras pesquisas em Ensino de Física com foco nos produtos da aprendizagem. No entanto, o resultado de pesquisas com orientação a produtos de atividades de ensino, em geral, não apresentam evidências empíricas que possam esclarecer ou apontar detalhes de como o conhecimento é socializado em um ambiente culturalmente estruturado.

Essas lacunas na pesquisa se devem ao fato de que entre os estímulos que as atividades oferecem e as respostas dadas a eles há uma profusão de dados não contemplados pela metodologia utilizada. Esses dados acabam sendo negligenciados em função de opções metodológicas voltadas para o estudo de produtos e, portanto, inconsistentes com a análise de processos. Nossa expectativa é que a análise microgenética das situações de ensino-aprendizagem, que se desenvolvem em ambientes de aprendizagem colaborativa, possa contribuir para a compreensão dos processos de aprendizagem que ocorrem nas relações intersubjetivas e, eventualmente, descrever alguma forma de comportamento ou de operacionalização conceitual que possa ser relacionada à objetivação de sentidos pessoais, tornando-os socialmente compartilhados, como produto da sociogênese.

Nessas atividades, como em toda atividade social humana, ocorrem movimentos de subjetivação e objetivação da cultura, nos quais emergem certos comportamentos e ações mediados por artefatos culturais disponibilizados no contexto. O esquema apresentado na ilustração 1.1 representa essa ideia, considerando o domínio microgenético das relações

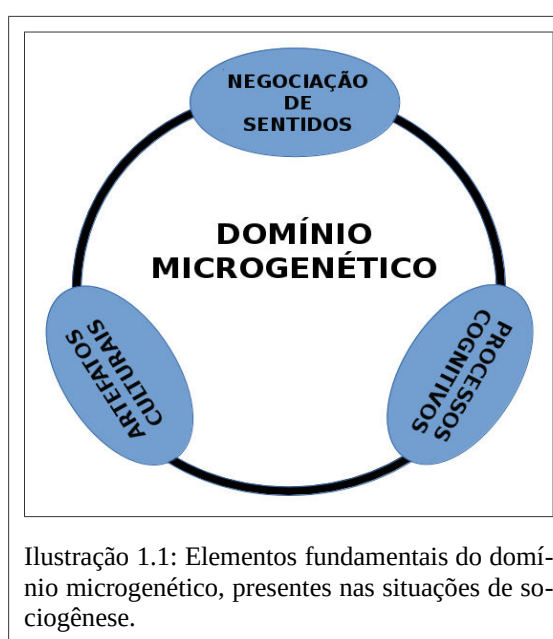


Ilustração 1.1: Elementos fundamentais do domínio microgenético, presentes nas situações de sociogênese.

intersubjetivas. Esses movimentos estão em perfeito acordo com a lei genética geral do desenvolvimento cultural de Vygotsky.

O caráter social-cultural dos processos de aprendizagem das pessoas justifica a investigação da socialização do conhecimento entre os participantes de um grupo social, neste caso, de estudantes trabalhando em colaboração. No contexto da pesquisa, os estudantes precisam propor estratégias de ação, dar explicações sob demanda, defender seus argumentos e justificar suas respostas diante de seus pares. Assim, o objetivo da pesquisa nos ajuda a delimitar o objeto de pesquisa: as negociações de sentido e de significado nas relações sociogenéticas, mediadas por artefatos culturais.

Portanto, o passo que daremos, por meio da abordagem microgenética, tem o objetivo de alcançar os detalhes dos processos de aprendizagem. Para isso, estamos propondo uma unidade de análise que consideramos adequada para a investigação desses processos no domínio microgenético – a redescrição representacional – conceito desenvolvido por Michael Tomasello (2003).

Uma unidade de análise adequada ao domínio microgenético

Como havia sido proposto por Cole (1996b), é necessário um grande esforço para superar a dicotomia cultura na mente versus cultura no meio, a qual estamos considerando como geradora de outra dicotomia, a do plano individual *versus* plano social, como discutimos anteriormente. Embora esse não seja o objetivo deste trabalho, essa preocupação está implícita na escolha de uma unidade de análise adequada à abordagem do problema proposto. Assim, a estratégia metodológica que construímos para a tarefa, que busca atingir as expectativas apontadas anteriormente, utiliza o conceito de redescrição representacional transformado em unidade de análise.

O conceito de redescrição representacional tem origem nas ciências cognitivas, tendo sido introduzido por Karmiloff-Smith (1993) e reinterpretado por Michael Tomasello, quem lhe atribuiu um estímulo cultural. A redescrição representacional, segundo Tomasello (2003, cap. 6), é uma habilidade cognitiva desenvolvida pelos seres humanos que lhes permite olhar para uma situação ou um problema da perspectiva do outro, sendo, portanto, disparado sob demanda dos participantes em situações de sociogênese. Ao ser estimulado por indagações de outras pessoas, o sujeito reelabora suas ideias, buscando novas estruturas de pensamento, seja

por meio de novas relações analógicas, seja por meio da reinterpretação da razão e uso dos artefatos culturais circunscritos pela atividade, ou outros que naquele instante lhe pareçam convenientes e apropriados. Assim, o processo cognitivo de redescrição representacional pode representar o ponto de contato que exprime, no domínio microgenético, a tensão dialética entre o plano individual e o plano social e revelar detalhes das estratégias que os sujeitos fazem uso para socializar o conhecimento com seus pares.

Uma vez definida uma unidade de análise que julgamos adequada, precisamos direcionar nossa atenção para os aspectos das relações intersubjetivas que podem nos ajudar a enfrentar o problema de pesquisa. Para isso, formulamos quatro questões de pesquisa, que apresentaremos a seguir.

Questões de pesquisa

Acreditamos que as reflexões apresentadas brevemente neste capítulo introdutório, permitem situar o leitor sobre algumas preocupações que sempre me incomodaram, em minha trajetória como professor, e que continuam presentes no momento em que reassumo atribuições de pesquisador. Foi a partir dessas reflexões que o problema de pesquisa apresentado se definiu – como estudantes constroem o conhecimento científico escolar em ambientes de aprendizagem colaborativa. Naturalmente, reconhecemos que o problema de pesquisa que apresentamos tem um caráter muito geral, e que não seria possível abordá-lo sem a delimitação do objeto de pesquisa. Uma vez delimitado o objeto de pesquisa, procuramos orientar nossas observações direcionando as questões ao domínio microgenético das relações intersubjetivas.

Discutimos brevemente que estudantes que trabalham em colaboração, engajados na realização das tarefas propostas, não agem de forma independente das demandas dos colegas de grupo, que emergem das dificuldades encontradas ora por uns ora por outros, diante das questões e tarefas impostas pelas atividades. Ambientes de aprendizagem colaborativa se justificam como contexto da pesquisa pela riqueza das discussões travadas pelos estudantes nas relações intersubjetivas que emergem nas situações de sociogênese.

Mostramos, também brevemente, que a importância dada a um contexto de pesquisa favorável ao protagonismo dos estudantes não se justifica sem uma reflexão das dicotomias históricas no campo da educação – passividade versus protagonismo (dos estudantes) e

individual versus social (aprendizagem). Assim também ocorre com o objeto de pesquisa, que são as negociações de sentido e de significado nas relações sociogenéticas, mediadas por artefatos culturais. Este objeto de pesquisa não teria sentido em atividades pedagógicas centradas no professor. Dessa forma, apostamos na valorização do protagonismo dos estudantes e em uma unidade de análise que para nós reflete a tensão existente entre o plano individual e o plano social – o plano das relações sociogenéticas.

A revisão da literatura específica sobre a análise microgenética ([seção 2.2](#)) mostrou que os pesquisadores em ensino de Física não têm reivindicado o status de análise microgenética como estrutura teórico-metodológica, embora venham utilizando alguns dos seus preceitos. A nosso ver, a condução de pesquisas de processos de aprendizagem, por meio da análise microgenética, tem grande potencial analítico, oferecendo a possibilidade de descrever os processos de aprendizagem com suficiente riqueza.

A estrutura da análise microgenética que propomos será apresentada com maior profundidade na [seção 2.2](#). Por ora, para apresentar as questões de pesquisa, consideramos suficiente dizer que a análise microgenética deve se orientar pela identificação de um “evento de mudança”, que estamos chamando de evento de inflexão; a abordagem do problema de pesquisa ainda deve considerar a manutenção das condições de espontaneidade e autenticidade das ações dos estudantes, considerando conceitos fundamentais da teoria sociocultural (VYGOTSKY, 2005, 2008), e em alguns de seus desdobramentos contemporâneos acerca do conceito de mediação, de sociogênese, e do conceito de redescrição representacional, admitido como unidade de análise (COLE, 1996a; COLE; ENGESTROM, 1993; TOMASELLO, 2003). Esse apoio nos permitiu elaborar as seguintes questões de pesquisa, orientadas ao problema proposto:

- (1) Que tipo de estímulos, indicadores de eventos de inflexão, podem ser reconhecidos como catalisadores de processos de redescrição representacional?
- (2) Que mecanismos de cognição compartilhada estão presentes na socialização de sentidos atribuídos a conceitos/artefatos culturais?
- (3) Que comportamentos sociais-culturais, observados nos episódios de sociogênese, podem ser destacados como facilitadores ou inibidores da apropriação de conceitos/artefatos culturais?
- (4) Que fatores, observados nas atividades de aprendizagem colaborativa, indicam que o protagonismo dos estudantes favoreça processos de aprendizagem conceitual?

Voltaremos a estas questões na [seção 3.2.3](#), no delineamento metodológico.

2. ESTRUTURA TEÓRICO-METODOLÓGICA

É verdade que, na ciência particular, utilizamos os conceitos como instrumentos para conhecer os fatos. Porém, à medida que os utilizamos, comprovamos, estudamos, dominamos ou modificamos, eliminamos os conceitos inúteis e criamos outros novos.
Vygotsky.

Nas seções introdutórias, fizemos uma breve apresentação do problema de pesquisa, reconhecemos a importância que damos à questão da construção do conhecimento pela mediação dos artefatos culturais e do contexto em que ocorrem as situações de sociogênese. Esse reconhecimento está intimamente relacionado aos fundamentos da teoria sociocultural. Através desses fundamentos, que nos inspiram teoricamente, construímos uma estrutura teórico-metodológica que julgamos suficiente para conduzir o trabalho de investigação, no domínio microgenético dos processos de aprendizagem.

De maneira complementar, afirmamos que o papel da análise microgenética nessa estrutura não atende somente a demandas metodológicas, não se reduzindo à microanálise. A orquestração teórica entre a teoria sociocultural e a análise microgenética nos permitiu transformar o conceito de redescrição representacional em unidade de análise que consideramos, ao mesmo tempo, coerente com o objeto de pesquisa e consistente com a teoria sociocultural.

2.1. TEORIA SOCIOCULTURAL E APRENDIZAGEM

As abordagens socioculturais (ou histórico-culturais) têm sido frequentemente utilizadas como estrutura teórica de várias pesquisas no campo da Educação. No fim dos anos 80 e início dos 90, o debate sobre até que ponto a cultura interfere no desenvolvimento do sujeito se intensificou por meio de uma crescente divulgação dos estudos e ideias desenvolvidos pelos fundadores da psicologia russa, principalmente por Lev Vygotsky e Alexei Leontiev.

Para autores modernos, as ideias de Vygotsky e colaboradores se apresentavam como alternativas a concepções mentalistas individualistas. Conforme Daniels (2003, p. 94), Michael Cole e Yrjo Engestrom, por exemplo, avançaram propostas para uma teoria da

atividade; James Wertsch trouxe à luz a teoria da ação mediada, Gavriel Salomon propôs que a cognição era distribuída entre agentes e ferramentas, enquanto Jean Lave e Etienne Wenger falavam de cognição situada. Todas essas teorias tinham em comum o fato de que o contexto não poderia ser excluído das análises de desenvolvimento do sujeito e concordavam com a lei genética geral do desenvolvimento cultural, atribuída a Vygotsky. Essa lei diz que toda função psicológica superior aparece duas vezes no processo de desenvolvimento humano: primeiro no plano interpessoal, depois no plano pessoal (VAN DER VEER; VALSINER, 1988, p. 54; VYGOTSKY, 2008, p. 57).

Os mesmos autores modernos, citados anteriormente, entre tantos outros, também enfatizaram a preocupação de Vygotsky com a questão da mediação. Segundo Wertsch e Tulviste (2002, p. 73, 74), por exemplo, embora Vygotsky tenha recorrido a algumas teorias culturais evolucionistas ou relativistas,

... ele rejeitava firmemente as noções básicas dos antropólogos evolucionistas britânicos de que as leis do funcionamento mental individual (isto é, leis de associação) eram adequadas para explicar o desenvolvimento histórico da cultura, do comportamento humano e do pensamento humano.

Seu interesse era estruturar uma ideia de mediação para as leis do funcionamento mental, com a qual rejeitava o individualismo metodológico.

Essa recusa ao individualismo metodológico pode ser percebida também na ideia de evolução cultural cumulativa, ou efeito catraca, apresentada por Tomasello (2003), seguindo um viés antropológico para elucidar as bases da evolução cultural humana. Ao enfatizar o papel da cultura no desenvolvimento humano, ele propõe uma articulação entre o uso e desenvolvimento de artefatos culturais e o uso e desenvolvimento de habilidades cognitivas tipicamente humanas, ressaltando que os processos de sociogênese agregam artefatos culturais e cognição em uma única dimensão. Para Tomasello (opus cit.), a redescrição representacional e o reconhecimento de um coespecífico como agente intencional igual a si mesmo são habilidades cognitivas únicas da espécie humana.

Para nós, a ideia de sociogênese, aliada ao conceito de redescrição representacional, ambos desenvolvidos por Tomasello (opus cit.), ajuda a compreender e a reforçar a proposição de Cole (1996b) sobre a função dos artefatos culturais na superação da dicotomia cultura na mente versus cultura no meio. O processo de redescrição representacional representa a superação desta dicotomia quando voltamos nossa atenção para as ações materiais e intelectuais dos agentes sociais no meio.

O processo de redescrição representacional que, conforme nossa interpretação, ocorre no domínio microgenético, é potencializado quando o ambiente oferece condições para que as trocas culturais que emergem das relações interpessoais, nas situações de sociogênese, se intensifiquem. Esses argumentos explicam nossa opção por investigar processos de ensino-aprendizagem em ambientes de aprendizagem colaborativa, por reconhecer que esses ambientes podem oferecer tais condições, as quais são necessárias para que os estudantes desenvolvam recursos cognitivos que lhes permitam uma melhor compreensão dos artefatos culturais do sistema simbólico em estudo.

Nas próximas subseções vamos mostrar como o conceito de artefato cultural, proposto por Cole (opus cit.), de sociogênese, de redescrição representacional e de intencionalidade, reelaborados por Tomasello (2003), articulados com pressupostos fundamentais da teoria sociocultural, contribuíram para construir uma estrutura teórico-metodológica com a qual pretendemos enfrentar o problema de pesquisa que elegemos.

2.1.1. Artefatos culturais e conceitos

*O objeto ou produto produzido não é algo “meramente”
externo e indiferente à natureza do produtor.
É sua atividade em uma forma objetivada ou congelada.
Bernstein.*

Muitas pesquisas em Educação, realizadas em ambientes de ensino-aprendizagem, estão fundamentadas em pressupostos da psicologia russa, principalmente nas concepções de Vygotsky acerca do desenvolvimento psicológico e da aprendizagem, centradas na ideia de que toda atividade especificamente humana é mediada por signos.

Um dos autores que desenvolveram alguns dos pressupostos da escola russa, Michael Cole, amplia a ideia de mediação por signos com a ideia de artefato cultural (COLE, 1996b). No sentido atribuído por ele, artefatos são recursos mediacionais utilizados pelos sujeitos tanto nos processos de apropriação e internalização da cultura (subjetivação) quanto nos processos de produção cultural (objetivação). Para ele, o desenvolvimento psicológico do ser humano e o desenvolvimento da cultura são aspectos de um mesmo processo, sempre mediados por artefatos culturais. Segundo Cole:

... um artefato é um aspecto do mundo material que tem sido modificado pela história de sua incorporação nas ações humanas metadirigidas. Em virtude das mudanças

introduzidas no processo de sua criação e utilização, os artefatos são ao mesmo tempo, ideais (conceituais) e materiais. Eles são ideais por que sua forma material foi moldada por sua participação nas interações de que fizeram parte anteriormente e naquelas que medeiam no presente. (COLE, 1996b, p. 117).

Essa ideia de artefatos culturais como algo com dimensões material e ideal é a principal aposta de Cole para superação da dicotomia entre mente e cultura – ou entre o individual e o cultural. Nosso entendimento dessa proposta é o de que, ao incorporar a mediação por artefatos culturais nas ações das pessoas, pretende-se mostrar que não há predominância de uma cultura no meio, separada dos sujeitos, nem tampouco a predominância de uma cultura mental individual. Do mesmo modo, não há artefatos somente materiais ou artefatos somente ideais. Os artefatos, como produtos culturais, incorporam a tensão dialética existente na relação sujeito–mundo, como inerente à atividade humana e à própria constituição dos sujeitos.

A ideia de artefato cultural, associada à constante tensão dialética comum às atividades humanas, está presente em inúmeras situações nos ambientes de aprendizagem colaborativa que investigamos. Nesses ambientes sociais-culturais, os estudantes assumem um lugar de protagonismo em seu próprio desenvolvimento, enfrentando problemas com a ajuda de vários artefatos culturais, mediadores de suas ações. Esses artefatos foram construídos historicamente pela reunião de alguns conceitos fundamentais do sistema simbólico da Física do eletromagnetismo. Artefatos culturais como bússolas e bobinas são objetos materiais que estão necessariamente impregnados de idealidade, por incorporarem conceitos extremamente abstratos, como os conceitos básicos de campo magnético ou de corrente elétrica.

Isso nos faz pensar que conceitos básicos também podem ser tratados como artefatos culturais, no sentido atribuído por Cole (opus cit.), uma vez que, em seu devir histórico-cultural, foram elaborados para o enfrentamento de problemas práticos ou teóricos, orientando as ações dos sujeitos que os criaram, ou que agregaram a eles novas idealidades em função de novas interpretações, com base fenomenológica ou teórica. Isso ocorre, por exemplo, com os conceitos que acabamos de mencionar, de campo magnético e de corrente elétrica, aos quais foram agregados modelos representativos que permitem dotá-los de materialidade.

No contexto da aprendizagem escolar, desde que os estudantes mobilizem um conceito para resolver um problema, para responder a uma questão formulada por outrem, ou ainda para construir seus argumentos, o conceito assume a dimensão de artefato cultural porque incorpora a intencionalidade de quem o usa, associada ao sentido pessoal a ele atribuído pelo

sujeito, na oportunidade. Nesse caso, podemos dizer que há um processo de apropriação do conceito em andamento e, evidentemente, no contexto escolar, o uso de um conceito como artefato cultural não está condicionado à comparação de seu uso pelos especialistas. Se assim fosse, estaríamos admitindo que a aprendizagem é um processo linear e automático, o que não condiz com os fundamentos teóricos desse estudo e nem mesmo com nossa experiência como professores.

O uso de artefatos culturais nos ambientes escolares, ou mesmo na rotina das pessoas, não se dá necessariamente de forma explícita. Quando fazemos uma operação de multiplicação, por exemplo, podemos não dar conta da mediação de um artefato, que tem uma longa história cultural e é incorporado inconscientemente (PAULA, 2017, p. 77). Mesmo que a multiplicação seja realizada mentalmente, costumamos “posicionar” os termos a serem multiplicados, repetindo o algoritmo matemático da forma que faríamos no papel.

Do ponto de vista adotado nesta tese, entretanto, o artefato cultural “multiplicação” não se resume ao algoritmo apenas, pois é sempre possível atribuir idealidade e materialidade aos artefatos culturais. No caso da multiplicação, o desenho do processo com a ordenação dos termos e as representações numéricas das quantidades a serem multiplicadas constituem seu algoritmo, a parte material do artefato. Mas, o artefato também incorpora a própria multiplicação como conceito, sua idealidade que, em situações mais simples, representa quantas vezes uma certa quantidade deve ser somada. Em outros casos, o que ocorre é que o algoritmo que descreve a multiplicação oferece como resultado uma resposta que se dissocia do conceito puro, deixando-o em um segundo plano, como um metaconceito. Isso acontece, por exemplo, quando se quer obter a área das paredes de uma casa para estimar a quantidade de tinta necessária para se executar a pintura, ou quando se quer saber o volume de uma piscina para se efetuar uma previsão do consumo de água.

Há casos ainda mais sofisticados como a multiplicação de duas grandezas físicas, cujo resultado indica uma terceira grandeza. Como exemplo, podemos tomar a expressão matemática que permite obter o valor da força necessária para acelerar um objeto de massa conhecida ($F = m|a|$). A multiplicação toma a forma material na expressão matemática, faz uso implícito do mesmo algoritmo⁶, comum a todas as operações de multiplicação, mas também incorpora a idealidade de três conceitos com significados isolados diferentes e

6 Cabe dizer que o algoritmo da multiplicação fica ainda mais distante das tarefas educativas diárias, diante da disponibilidade quase unânime das calculadoras eletrônicas, comuns aos aparelhos celulares.

intimamente relacionados. Paula (opus cit.), também lembra a complexidade cada vez maior que os artefatos culturais vão adquirindo, inerente à sua evolução histórico-cultural.

O conceito de força, por exemplo, constituiu-se historicamente como um artefato cultural a partir da necessidade de explicação do movimento de objetos. Aristóteles havia concebido uma explicação para o movimento não natural dos corpos (quando uma pedra é arremessada para cima, por exemplo), atribuindo a causa do movimento ao próprio ar em contato com o corpo. Havia aí apenas uma ideia implícita de força exercida de um corpo sobre outro, que necessariamente estariam em contato. A ideia do *impetus*, concebida por Jean Buridan, no séc. XIV, foi uma alternativa à explicação aristotélica (DRAKE, 1976; ZANETIC, 1988). A ideia era a de que a força ficava “impressa” no objeto, pela ação de algum agente motor, enquanto durasse o movimento. Mais tarde, no séc. XVI, Giambattista Benedetti retoma a ideia de *impetus*, se aproximando da ideia de inércia (DRAKE, 1976; KOYRÉ, 1986).

Por outro lado, vários livros textos costumam utilizar a segunda lei de Newton, representada pela expressão matemática ($|\mathbf{F}|=m|\mathbf{a}|$), para definir o conceito de força como o resultado de uma ação sobre um objeto que lhe imprime aceleração (AMALDI, 1997; GUALTER JOSÉ BISCUOLA; BÔAS; HELOU, 2010; RESNICK; HALLIDAY; MERRILL, 1991). Para mostrar que o conceito de força é problemático, Coelho (2010), também se refere a alguns livros didáticos nos quais os autores definem o conceito de força como algo capaz de provocar aceleração em um corpo; “uma vez que a aceleração é algo observável, sua causa deve ser alguma coisa real”, seria lógico concluir. Entretanto essa é uma questão ontológica e a “abstração do conceito de força a partir de movimentos acelerados deve ser obviamente difícil para muitos estudantes”, dificuldade bem documentada na literatura sobre concepções alternativas. A história do conceito de força (relatada no parágrafo anterior) não contada nos livros didáticos e a questão ontológica que acabamos de mostrar, indica que a construção histórico-cultural de conceitos não ocorre sem ruídos.

O conceito de força é um bom exemplo da evolução histórica de um artefato cultural, caracterizado como ferramenta para a solução de um problema, nesse caso, para o estudo das causas do movimento de corpos. Isso nos leva a afirmar que o conceito de força é extremamente abstrato, reconhecido pelos efeitos que provoca, e não por uma definição consensual. Vários dos conceitos que constituem o sistema simbólico da Física, como o de força, de energia ou de campo (magnético, elétrico ou gravitacional), são reconhecidamente

abstratos e estão na classe de artefatos culturais fundamentais.

Nossa afirmação de que um conceito é também um artefato cultural, está de acordo com a definição dada por Cole (opus cit.). No entanto, no contexto da pesquisa que realizamos, os conceitos – artefatos culturais fundamentais – aparecem muitas vezes de forma implícita, subjacentes a artefatos mais complexos como o diagrama vetorial ou os próprios equipamentos utilizados na elaboração dos experimentos relatados, como aquele em que uma bobina é utilizada para produzir um campo magnético controlado, e uma bússola para mostrar a orientação resultante da sobreposição desse campo com o campo magnético terrestre. Eles não aparecem de forma explícita, pois os problemas enfrentados pelos estudantes não se resolvem, neste caso, com conceitos fundamentais, mas pela reunião coordenada desses conceitos em artefatos culturais mais complexos que, em função de sua história cultural, se tornaram mais apropriados. A aprendizagem de conceitos fundamentais como o é o conceito de campo magnético, se desenvolve paralelamente pelo uso desses artefatos culturais construídos para mediar nossa relação com o problema proposto e deste com o conceito fundamental. Como a aprendizagem é um processo não linear, como defendemos, a utilização de um artefato cultural para resolver um dado problema pode potencializar a aprendizagem de conceitos subjacentes, a qual se dá por meio da negociação de sentidos no contexto que vai sendo construído na atividade.

Entre os artefatos culturais que medeiam as atividades que compõem o contexto dessa pesquisa, e que os estudantes voluntários fazem uso, está o diagrama vetorial. Nele estão incorporados outros conceitos matemáticos básicos, como o de vetor e soma vetorial, ângulo e as funções trigonométricas, os quais constituem sua característica ideal. Nas atividades colaborativas que os estudantes desenvolvem no contexto da pesquisa, o diagrama vetorial está associado implicitamente ao conceito de campo magnético, representado por meio de vetores. Como artefato cultural, o diagrama vetorial cumpre o papel prototípico de ferramenta para solução de um problema e será incorporado aos sentidos pessoais atribuídos ao conceito de campo magnético, fundamental no estudo do tópico eletromagnetismo.

A maior ou menor desenvoltura revelada no uso de um artefato cultural por estudantes pode ser relacionada à ideia de significância, que Cole (1996a, p. 117–118) atribui a Bakhurst:

... a forma de um artefato é mais do que puramente física. “Ao ser criado pela personificação de uma finalidade e incorporado em uma atividade da vida de um modo particular – ser manufaturado por uma razão e colocado em uso – o objeto natural adquire significância. Esta significância é a ‘forma ideal’ do objeto, uma forma que

não inclui um único átomo da substância tangível que o constitui” (Bakhurst, 1990, pág. 182).

Assim, para Bakhurst, a significância reside na razão pela qual o objeto foi concebido e no seu uso no contexto de uma atividade humana, na qual a razão do artefato pode se materializar. Para nós a desenvoltura que um sujeito utiliza um artefato em suas ações, incluindo ações verbais, pode ser uma medida do nível de apropriação da significância desse artefato, que depende da habilidade cognitiva que uma pessoa tem de abstrair (idealizar, nos termos de Cole) essa significância do artefato e propor seu uso na solução para um problema.

Assim, o conceito de artefato cultural é, para nós, fundamental, uma vez que o contexto educativo em que desenvolvemos nosso estudo são ambientes de aprendizagem colaborativa. Nesses ambientes, os estudantes se apropriam de (subjetivam) certas propriedades dos artefatos culturais e as objetivam nas situações criadas, enquanto o professor objetiva artefatos culturais consolidados pertencentes ao sistema simbólico que leciona. Nesse ambiente social-cultural, comportamentos e movimentos dos agentes sociais potencializam processos psicológicos com os quais aspectos da cultura humana são subjetivados e objetivados. O contexto da atividade colaborativa é, portanto, uma trama que se constrói e se reconstrói, constituindo o locus cultural, microsistema de atividade social no qual a cultura se desenvolve. Conforme Cole (1996a, p. 110):

Talvez o mais importante é que o acúmulo histórico de artefatos e sua infusão nas atividades implicam nas origens sociais dos processos mentais humanos. Como Vygotsky (1929) argumentava, todos os recursos (artefatos na minha terminologia) de comportamento cultural são sociais em sua essência.

Isso significa que o uso dos artefatos culturais disponíveis no meio medeiam o desenvolvimento intrapsicológico dos sujeitos envolvidos.

Na outra via dessa relação dialética, os processos de objetivação se referem a processos de externalização da cultura, quando artefatos culturais, materiais ou simbólicos, são usados para comunicar e “materializar” as ações e intenções práticas ou intelectuais, na construção de argumentos, descrições e explicações. Ontologicamente, a existência “real” de um artefato não deve ser confundida com existência física. Entretanto, todo artefato cultural, incluindo certos dispositivos materiais que podem ser tomados como artefatos culturais, está permeado de idealidade, pois sua elaboração não pode ser desvinculada das razões históricas incorporadas à sua criação e à difusão de seu uso por um grupo social. Quando mencionamos ou apenas pensamos em uma enxada, não recuperamos apenas o objeto material.

Recuperamos, mesmo que inconscientemente, todo seu desenvolvimento histórico, ou seja, recuperamos o artefato, nos termos de Cole, o qual agrega a intencionalidade de quem o criou e suas potencialidades funcionais (TOMASELLO, 2003). O contrário também é verdadeiro, ou seja, o objeto enxada pode ser evocado quando nos deparamos com um problema que pode ser resolvido se tivéssemos uma. Naturalmente, alguém que nunca tivesse visto uma enxada, não evocaria uma enxada, mas algum outro artefato que incorporasse razões semelhantes – nos termos de Bakhurst – ou potencialidades, nos termos de Tomasello.

Seguindo esse raciocínio, um conceito como o de corrente elétrica não se explicita de forma concreta, a não ser pelos seus efeitos (assim como mostramos para o conceito de força). Entretanto, ele pode se tornar um artefato cultural se for apropriado pelo sujeito para resolver um problema ou explicar uma situação dada no contexto, o que é acompanhado de um certo grau de consciência de sua significância. No entanto, esse domínio que as pessoas têm de um artefato cultural, seja ele uma tesoura, um alicate ou um diagrama vetorial, não dissocia sua materialidade de sua idealidade, nele impregnada em sua história cultural. Assim também poderia ocorrer com o conceito de campo magnético; sua ontologia fortemente abstrata não impede de o “materializarmos” através da representação de linhas de campo, ou de sentir sua influência tátil, quando aproximamos um ímã de outro ímã, com a intenção de identificar polos magnéticos, ou os aproximamos de diversos materiais para categorizá-los, em função do seu comportamento, como materiais magnéticos ou não magnéticos.

Por isso mesmo, nos grupos sociais, os artefatos culturais não são estáticos, eles estão sujeitos às modificações impostas pela sociogênese – estabelecida e reconhecida nas atividades sociais-culturais – que moldam seu desenvolvimento. Para Tomasello (2003), grupos humanos agem historicamente em sociogênese, elegendo um certo conjunto de artefatos culturais que dão estrutura a sistemas simbólicos que organizam os saberes daquele grupo social a que pertencem. É assim com os saberes sociais, religiosos, tradicionais e também com os científicos. Esse processo foi denominado por Tomasello (opus cit.) como evolução cultural cumulativa (ou efeito catraca), e em menor escala, podemos observá-los nos grupos que trabalham em atividades colaborativas no contexto do ensino de Ciências.

Ao se investigar o desenvolvimento dos estudantes com relação ao uso do conhecimento científico escolar, no que diz respeito à apropriação dos artefatos culturais pertencentes aos sistemas simbólicos em estudo, depara-se inevitavelmente com o reconhecimento de uma tensão constante entre o que se considera como inerente a recursos

cognitivos individuais e aquilo que se considera subjacente à cultura. Para os pesquisadores que adotam a perspectiva sociocultural do desenvolvimento psicológico, essa tensão está presente nos processos de apropriação e de internalização (subjetivação), com os quais os sujeitos significam o mundo, se introduzem na vida cultural e se constituem como sujeitos. Na outra ponta dessa relação dialética estão os processos de externalização da cultura (objetivação), que se referem aos recursos sociogenéticos de produção cultural. Tanto os processos de apropriação e de internalização quanto os processos de externalização se dão pelo uso de artefatos culturais disponibilizados no contexto das atividades (ou trazidos de outros contextos), por meio dos quais o sujeito age.

Ainda considerando o contexto escolar, há também os artefatos culturais subjacentes à organização social das atividades. Eles estão presentes no contrato didático e nas outras normas que constroem as atividades dos estudantes: regras estabelecidas para guiar as práticas do grupo, sistemas de avaliação e normas gerais da escola. Esses artefatos sociais não estão no foco da pesquisa, mas, na concepção de cultura de Bruner, assim como na ideia de artefato de Cole, geram constrangimentos que não devem ser ignorados. Segundo Bruner a cultura “é um conjunto de ferramentas com técnicas e procedimentos para entender seu mundo [do sujeito] e lidar com ele [... ou] um modo de lidar com os problemas humanos: com as transações humanas de todo o tipo, representadas em símbolos” (BRUNER, 2001, apud CORREIA, 2003, p. 506). No contexto da pesquisa, que descrevemos com maior cuidado na [seção 3.2](#), podemos citar como exemplo de norma constrangedora da ação dos estudantes a avaliação sistemática de seus cadernos de classe e de laboratório, nos quais as atividades são registradas, o que se configura como uma imposição implícita do seu uso.

Concluimos que a ideia de artefato cultural está na base dos processos de significação que ocorrem nas situações de sociogênese. Eles são indissociáveis dos ambientes culturalmente organizados, nos quais as atividades humanas se desenvolvem, oferecendo possibilidades e restrições que permeiam os recursos com os quais os sujeitos significam o mundo. Estes três conceitos – sociogênese, mediação e significação – sobre os quais nos debruçaremos na próxima seção, estão estreitamente relacionados ao objeto de pesquisa: as negociações de sentido e de significado nas relações sociogenéticas, mediadas por artefatos culturais.

2.1.2. Sociogênese, mediação e significação

O foco dos estudos de Vygotsky não era exatamente formular uma definição de cultura, mas estudar o desenvolvimento psicológico do homem (COSTAS; FERREIRA, 2011; VYGOTSKY, 2005; WERTSCH; TULVISTE, 2002). Esse desenvolvimento está diretamente relacionado aos processos de internalização de conceitos, que se manifestam nas relações mediadas por artefatos culturais, o que inclui as linguagens específicas de diferentes sistemas simbólicos como aqueles das Ciências Naturais. Na busca por esse conhecimento, Vygotsky apresenta como unidade de análise o significado da palavra, ideia que procura evitar a separação entre mente e cultura pelo reconhecimento de tensões dialéticas nas relações sujeito-objeto. Do ponto de vista da teoria sociocultural, estas tensões dialéticas provocam reflexões que, em uma via, estruturam a atividade humana e, na via oposta, estruturam a atividade psicológica, sendo fundamentais na constituição do sujeito.

O significado da palavra é tomado por Vygotsky como o principal artefato cultural mediador nos processos de apropriação e internalização, com os quais os sujeitos significam o mundo e tomam consciência da vida social-cultural. O sujeito constrói essa consciência por meio das relações intersubjetivas, pela observação das atividades e por imitação das ações de outros sujeitos, atividades e ações mediadas por artefatos culturais. Na outra via dessa relação dialética, os processos de objetivação se referem a processos de externalização da cultura, quando artefatos culturais (materiais ou simbólicos) são usados para comunicar e “materializar” as intenções implícitas ou explícitas subjacentes às ações práticas ou intelectuais (argumentações, descrições e explicações) construídas naquelas relações.

Quando uma criança usa uma palavra que até então, lhe era incomum, o mundo social-cultural daquela criança passa a ser diferente, não somente para a criança como também para as outras pessoas – outras crianças ou mesmo adultos – que testemunharam o fato. A tensão dialética entre palavra e significado contribui para o desenvolvimento psicológico daquela criança, modificando seu mundo e a si mesmo. A mudança no mundo também se revela no comportamento das outras pessoas em relação àquela criança. O mesmo pode ser dito quando a criança usa uma tesoura pela primeira vez; ela hesitará entre o controle do artefato e o objetivo a ser alcançado. Uma tensão se estabelece entre a motivação da criança e potencialidades e restrições do artefato, incluindo as eventuais consequências da inadequação de seu uso. Esta tensão é elevada nos processos de aprendizagem, diminuindo ao nível natural

à medida que a criança ganha desenvoltura no uso dos artefatos envolvidos. Dominando ainda que parcialmente esse novo artefato, da mesma forma que fez com a nova palavra, a criança é psicologicamente modificada por ele e amplia, por meio dele, as possibilidades de intervenção em seu universo social-cultural. A mesma ideia pode ser usada para interpretar a ação de um estudante de medicina que vai usar um bisturi pela primeira vez em um procedimento cirúrgico real. Certamente que a habilidade com o artefato fora treinada em outras situações fictícias parecidas, mas usá-lo em um contexto real, modifica o estudante do mesmo modo que a tesoura modificou a criança, guardadas as devidas proporções quanto às consequências de cada ato. Esse novo fato histórico-cultural modifica também as pessoas que fazem parte do seu grupo social-cultural.

Essa reflexão deixa claro para nós que, além da fala (ou da palavra) como o principal artefato mediador, as relações dialéticas na cultura podem vir acompanhadas de outros artefatos culturais, os quais ampliam as potencialidades significativas da mediação. A apreensão gradual da significância de artefatos culturais ocorre simultaneamente nos processos culturais de objetivação e de subjetivação. Se, por um lado, ao objetivar suas ideias, uma pessoa as materializa com a ajuda dos artefatos culturais disponíveis ou emergentes, por outro, de forma concomitante, ela está reconstruindo internamente a compreensão de suas próprias ideias para coordenar seu discurso com suas ações. Essa condição é amplificada em universos culturalmente estruturados e socialmente organizados como as atividades desenvolvidas em ambientes de aprendizagem colaborativa.

Conforme o objeto de pesquisa, nosso interesse está nos processos intersubjetivos de significação que ocorrem no domínio microgenético, durante as negociações de sentido subjacentes ao uso de determinados artefatos culturais pelos agentes envolvidos nas atividades. O foco da pesquisa nas relações intersubjetivas, mediadas por artefatos culturais, nos levou ao conceito de sociogênese, conforme definição dada por Michael Tomasello (TOMASELLO, 2003). Segundo ele, há dois tipos de sociogênese: a do primeiro tipo, que se refere à interação de um sujeito com objetos materiais, como martelos e símbolos linguísticos, caracterizada por ele como virtual, uma vez que ocorre entre um sujeito no tempo presente e um artefato criado por outro sujeito – ou outro grupo social – em outro tempo histórico; e a do segundo tipo, que se refere à colaboração conjunta entre dois ou mais sujeitos, não necessariamente de forma simultânea. Entretanto, os dois tipos de sociogênese frequentemente ocorrem juntos:

A primeira forma de sociogênese... [ocorre] quando um indivíduo se depara com um artefato ou uma prática cultural, herdados de outros numa situação nova para a qual o artefato não parece plenamente adequado. Então avalia a maneira como se supõe que o artefato funcione (a intencionalidade do inventor), relaciona isso com a situação presente e então realiza uma modificação do artefato. [...] o segundo tipo de sociogênese é a colaboração simultânea de dois ou mais indivíduos ao tentarem resolver juntos um problema [...] e obter um produto que nenhum dos dois poderia ter inventado sozinho [...] um pequeno grupo de pessoas tenta modificar colaborativamente um artefato ou uma prática que herdaram de outros a fim de satisfazer novas exigências. (TOMASELLO, 2003, p. 56, 57).

Está claro para nós que as interações sujeito-artefato e sujeito-sujeito que ocorrem nas duas formas de sociogênese constituem um universo social “pleno de sentido” como pensava Vygotsky (VALSINER, 1987, apud SIRGADO, 1993, p. 22). Evidentemente, na sociogênese do primeiro tipo, a externalização do sentido atribuído ao artefato cultural ocorrerá ao colocar o instrumento em uso, enquanto a do segundo tipo ocorre sempre que dois ou mais sujeitos estão reunidos em torno de um problema comum e se manifestam, evocando artefatos culturais disponíveis na situação ou importados de outras situações vivenciadas por algum desses sujeitos.

Segundo Van der Veer e Valsiner (1988, p. 55–56), o termo sociogênese surge na obra de Vygotsky, na terceira versão de seu texto *History of the Development of Higher Psychological Processes*, se mostrando enraizada na própria lei genética geral do desenvolvimento cultural que, para esses autores, encontra ressonância nos escritos de Janet (apud VAN DER VEER; VALSINER, 1988, opus cit.):

Nossas ações são determinadas por essas duas grandes fontes: os estímulos que vêm da palavra externa e os estímulos que vêm da sociedade (Janet, 1929, p 419).

[...] todas as leis psicológicas sociais têm dois aspectos: um aspecto exterior, relativo a outras pessoas, e um aspecto interior, que diz respeito a nós mesmos. Quase sempre [...] a segunda forma é posterior à primeira (Janet, 1929, p. 521).

O conceito de sociogênese em Janet estava relacionado ao desenvolvimento da conduta de crianças; conduta que se desenvolve a partir de estímulos provenientes das relações sociais, e depois vão sendo internalizadas individualmente pela criança. Dentre os estímulos sociais, as palavras são consideradas mais importantes, por causa de sua origem como comandos, ou seja, como mediadores ou controladores das ações das pessoas (VAN DER VEER; VALSINER, 1988).

O fato das palavras serem “usadas como comandos” nos faz pensar que quaisquer processos sociogenéticos mediados por artefatos culturais (incluindo as palavras como tal) fazem emergir as intencionalidades humanas, impregnadas na história cultural desses

artefatos. Além disso, processos sociogenéticos também podem incorporar novas intencionalidades a artefatos disponíveis, ou criar novos artefatos para o enfrentamento de problemas também “novos”. Um dos contextos sociais em que se dá a incorporação de novos artefatos culturais à vida dos sujeitos é a escola. Nesse contexto, as trajetórias ontogenéticas dos sujeitos envolvidos se fundem nos momentos de trocas culturais (em situações de sociogênese). Nesse sentido, salas de aula são microssistemas sociais-culturais nos quais os sujeitos podem se apropriar gradualmente das potencialidades de artefatos culturais pertencentes a vários sistemas simbólicos. Processos históricos de potencialização de artefatos culturais possibilitaram o desenvolvimento de sistemas simbólicos estáveis como os científicos, os quais se consolidaram através de processos de negociação de significados na cultura, em situações de sociogênese.

Assim, processos que ocorrem no domínio microgenético, que caracterizam o objeto de pesquisa, são subsumidos no processo de sociogênese. Isso é importante do ponto de vista metodológico, uma vez que queremos investigar como certos mecanismos cognitivos emergem no domínio microgenético com a função de transferir o que se passa no plano interno (individual) ao plano externo (social-cultural) em situações de negociação de sentidos. Esses processos de objetivação cultural estão associados à habilidade cognitiva que os seres humanos têm de reconstruir sua compreensão de fenômenos, ou de conceitos/artefatos culturais em uso na atividade, quando estimulados pelos demais agentes envolvidos. Tomasello chama esta habilidade de processo de redescrição representacional, habilidade cognitiva que desenvolvemos na primeira infância e que utilizamos quase automaticamente nos processos de compreensão do mundo em que vivemos (TOMASELLO, 2003, cap. 6). É o que vamos discutir na próxima seção.

2.1.3. Cognição e redescrição representacional

*Um observador pode fazer distinções em atos e pensamentos, recursivamente,
e é capaz de operar como se fosse externo (distinto)
à circunstância na qual ele se encontra.*

Maturana.

*Só tenho consciência de mim mesmo na medida em que sou um outro para
mim mesmo, isto é, somente na medida em que posso perceber
novamente minhas próprias reações como estímulos novos.*

Vygotsky (In: Kozulin).

Cognição e cultura são termos presentes, de maneira direta ou indireta, em todos os estudos acerca de processos de ensino-aprendizagem que se baseiam na teoria sociocultural. Alguns desses estudos buscam superar a dicotomia entre o individual e o cultural, também verificada na relação sujeito versus objeto. Nesse sentido, Cole (1996a, p. 118) faz uma pergunta retórica a partir da qual encaminha sua análise: “A cultura deveria estar localizada externamente ao sujeito, como os produtos de atividade humana anterior, ou deveria estar localizada internamente, como um conjunto de conhecimentos e crenças?”. Para respondê-la, ele utiliza o conceito de artefato, que atuaria como uma via de conciliação ou de superação das formas disfarçadas dessa dicotomia; uma via que possibilita estabelecer um ponto de contato entre “uma psicologia sociocultural” e a concepção individualista de cultura na mente. Essa ideia está implícita na teoria da atividade de Michael Cole e Yrjo Engeström e também na teoria da ação mediada de James Werstch (conforme DANIELS, 2002, p. 94).

Conforme apresentamos anteriormente, a ideia de artefato cultural, que tomamos emprestado de Cole nos é fundamental para compreender as relações intersubjetivas. No entanto, entendemos que, para uma abordagem de processos no domínio microgenético, descrever os artefatos culturais ou identificar sua função como mediadores indispensáveis em uma rede de relações comunicativas ainda não é suficiente para nos aproximarmos dos processos de mudança qualitativa que ocorrem nas relações intersubjetivas. No domínio microgenético, nos propomos a investigar a emergência de eventuais mecanismos que possam se apresentar como elementos de conexão entre o que se passa no plano interno (individual) e aquilo que se objetiva no plano externo (social), descrevendo como esses mecanismos contribuem para a socialização de conhecimento na cultura.

Essa busca de uma sintonia entre aspectos externos do problema enfrentado e aspectos internos com os quais o sujeito concebe o problema, pode ser materializada, do ponto de vista cognitivo, por processos de redescrição representacional (TOMASELLO, 2003, cap. 6). Segundo Tomasello, o termo foi originalmente proposto por Karmiloff-Smith como um modo especificamente humano de explorar internamente informações já armazenadas, inatas ou adquiridas, rerepresentando-as em diferentes formatos, adaptadas a novas situações. Entretanto, ao se apropriar do conceito, Tomasello o reinterpreta transferindo a ênfase anteriormente dada a um estímulo interno para as relações sociogenéticas. Tomasello defende que este é um processo reflexivo que resulta de um sujeito

se colocar numa perspectiva externa em relação ao seu próprio comportamento e

cognição... [sic] ... as crianças vão se aprimorando nesse processo de internalização a ponto de conseguirem generalizá-lo e, conseqüentemente, refletir sobre seu próprio comportamento e cognição como se fossem outra pessoa olhando para ele. (pág. 273-274).

No nosso entendimento, essa descrição do conceito feita por Tomasello se aproxima muito daquilo que comumente é denominado como metacognição e representa sua maneira de compreender o desenvolvimento cognitivo de crianças pequenas, com idade entre três e quatro anos. Esta ideia também está implícita na capacidade que as crianças adquirem de olhar para um problema sob diferentes perspectivas (TOMASELLO; RAKOCZY, 2003, p. 135). Se, por um lado, essa concepção se afasta da ideia originalmente proposta por Karmiloff-Smith, pela introdução dos estímulos culturais, por outro, o foco é mantido nas iniciativas individuais. A redescrição representacional é uma habilidade cognitiva desenvolvida pelos seres humanos ainda na primeira infância, se tornando um mecanismo indispensável do desenvolvimento cognitivo. É um processo reflexivo, automático e não necessariamente consciente, presente em situações de sociogênese (TOMASELLO, 2003, p. 56-57).

Nossa intenção, ao nos apropriarmos das duas interpretações desse conceito é propor sua reformulação em função dos objetivos desta pesquisa. Para isso, transformamos o conceito de redescrição representacional em uma unidade de análise, para representar o campo de interação do plano cognitivo individual com o plano das relações intersubjetivas. Desse modo, o processo de redescrição representacional se manifesta aos pesquisadores nos momentos de objetivação, em que uma pessoa é levada a externalizar sua compreensão de determinados fenômenos ou argumentar a favor ou contra determinada proposição feita por outrem. Essas objetivações culturais sinalizam apropriações, completas ou não, de argumentos, explicações e do significado de conceitos introduzidos por outras pessoas, em outro tempo ou lugar, próximo ou remoto. Nas objetivações, a pessoa é capaz de coordenar sua compreensão do tema em questão e reformular as representações relacionadas no plano interno, tendo em vista as necessidades de seus interlocutores.

Dessa forma, o processo de redescrição representacional permite aos sujeitos, reunidos em sociogênese, se apropriarem de forma pessoal da significância dos artefatos culturais em uso e reintroduzi-los nas ações metadirigidas, reconstruindo explicações e argumentos, a partir de sua interpretação da demanda dos seus interlocutores, frente aos desafios da atividade em curso. Nesse caso, as pessoas não estão refletindo apenas sobre seu próprio

comportamento, como proposto por Karmiloff-Smith ou por Tomasello; elas são envolvidas nas redes de significação, dadas em um contexto dinâmico que se constrói por demandas específicas dos outros sujeitos envolvidos ou da própria atividade. Ao responder a essas demandas, os sujeitos redescrevem sentidos pessoais e significados dados aos artefatos culturais disponíveis e também às concepções emergentes nos processos comunicativos na atividade.

Evidentemente, do ponto de vista do pesquisador, a manifestação mais comum da habilidade de redescrição representacional se dá por meio da linguagem verbal, mas a simples tentativa de repetir um gesto, ou de propor ou reproduzir um desenho representativo da ideia, pode caracterizar um processo de redescrição representacional. Nossa proposta decorre da observação desse tipo de comportamento específico de estudantes em atividades em grupo, quando ainda elaborávamos nosso projeto de pesquisa. Muitas vezes, ao elaborar seus argumentos e explicações, eles se apropriam dos sentidos que colegas ou o professor atribuem a determinado conceito, redescrevendo situações com suas palavras ou com suas ações, acrescentando novos signos disponíveis no contexto da atividade ou omitindo outros signos. Essa ideia de flutuação da apropriação da significância de artefatos culturais está de acordo com nosso entendimento da aprendizagem como um processo não linear.

Portanto, o processo de redescrição representacional permite ao sujeito, estimulado pelo contexto cultural no qual ele se insere, olhar para o problema que está sendo enfrentado por ele e pelo grupo de uma “segunda” perspectiva, com os “olhos do outro” e com os artefatos culturais evocados para realizar as ações ou para responder a questões relativas aos problemas colocados nas situações de sociogênese. Segundo Tomasello (opus cit.), essa capacidade unicamente humana pode resultar em uma nova maneira de perceber o problema, ou ainda se apropriar da potencialidade e da significância dos artefatos mediadores, inovando nas ações, por exemplo, por meio de novas propostas de intervenção na atividade.

No que tange à contribuição desta pesquisa para a interpretação que estamos adotando para a redescrição representacional, conforme avançávamos na análise dos dados de forma recursiva, foi possível perceber momentos em que certas ações verbais ou materiais dos estudantes causavam uma interrupção temporária e bem determinada no fluxo da atividade, que eram imediatamente precedentes a processos de redescrição representacional. Chamamos esses momentos de eventos de inflexão, caracterizados, por exemplo, por reações de perplexidade, de verbalizações autorreguladoras, e por momentos de epifania. Uma vez

provocado, o processo de redescrição representacional é objetivado acompanhado de recontextualizações, de paráfrases, de inclusão de analogias, recurso a desenhos, uso de gestos ou de outros objetos como signos daquilo que se quer representar. Tanto os eventos de inflexão quanto os eventos que caracterizam processos de redescrição representacional estão associados a um artefato cultural mediador principal e outros artefatos culturais periféricos, mas não menos importantes no processo.

Entendemos que as mesmas razões encontradas por Tomasello para buscar um estímulo cultural para o processo de redescrição representacional encontram eco nas ideias vygotskianas reconhecidas e utilizadas por vários autores contemporâneos e que têm sido referência para muitos pesquisadores em Educação nos últimos anos, sob uma denominação geral de teoria sociocultural ou histórico-cultural, em contraposição a abordagens individualistas acerca dos processos de ensino-aprendizagem (ARAÚJO, 2014; BOSCO, 2015; BRUNER, 2005; DANIELS; COLE; WERTSCH, 2007; ENGESTROM, 2012b; JORNET; ROTH, 2015; SIRGADO, 2000; TOMASELLO et al., 2005; VYGOTSKY, 1994).

Acreditamos que nossa proposta de articulação entre o conceito de redescrição representacional de Tomasello com a teoria sociocultural está de acordo com a ideia de “sentido pessoal das palavras” elaborada por Vygotsky. A redescrição representacional, enquanto processo de objetivação, leva de volta ao meio social novos sentidos atribuídos aos mesmos artefatos mediadores das relações intersubjetivas e indica uma hipótese de como a negociação de significados na cultura é fundamental para o processo de internalização. Para nós, a interpretação dada por Tomasello ao conceito de redescrição representacional e aquela que estamos adotando para o estudo de eventos no domínio microgenético, se aproximam muito da interpretação dada por Sirgado (1993) acerca do processo de internalização:

a internalização dessas significações culturais implica, porém, da parte da criança, sua reelaboração em função dos seus próprios referenciais semânticos. Vygotsky chama isso de sentido pessoal das palavras, que ele contrapõe ao significado socialmente estabelecido. Dentro de tal meio culturalmente estruturado (significativo) e personalizado (pleno de sentido) a criança em desenvolvimento inventa (ou reinventa, por imitação) novas formas de agir e de pensar, das quais só são retidas aquelas que acabam sendo aceitas pela criança e pelo seu meio social (Valsiner, 1987). (p. 22).

Nesse sentido, a “manipulação” de artefatos culturais no contexto de atividades colaborativas e a implícita apropriação gradual da significância a eles associada cumprem um relevante papel no processo de apropriação do conhecimento científico escolar.

Em ambientes como aqueles desenvolvidos para a aprendizagem colaborativa, os processos de negociação de sentidos ocorrem em profusão, devido ao estímulo dado às interações entre os estudantes de forma bastante natural. Neste meio, culturalmente estruturado, ocorre o que estamos chamando de cognição compartilhada.

2.1.4. Cognição compartilhada em ambientes de aprendizagem colaborativa

*Deveria ser desnecessário dizer que uma experiência não ocorre no vácuo.
Há fontes externas aos indivíduos que ampliam a experiência.
John Dewey.*

Com base na teoria sociocultural e na psicologia cultural, apresentamos, nas seções anteriores, alguns dos fundamentos que sustentam a estrutura teórico-metodológica da pesquisa. Eles ressaltam que o olhar dos pesquisadores para os sujeitos em ação não ignora as relações desses sujeitos com o grupo social, com os artefatos culturais e com os objetos de conhecimento com que eles lidam. Nesta seção, mostraremos por que os ambientes de aprendizagem colaborativa são o contexto ideal para procurarmos as respostas para nossas questões de pesquisa.

A literatura sobre o ensino-aprendizagem de Ciências apresenta alguns fundamentos que justificam a opção pedagógica pela abordagem colaborativa. Do ponto de vista da teoria sociocultural, essa opção está plenamente justificada. Os conceitos centrais da psicologia cultural e da teoria sociocultural, já apresentados, tornam totalmente consistente a adoção de abordagens colaborativas no ensino-aprendizagem de Ciências. De uma maneira geral, podemos situar os ambientes de aprendizagem colaborativa em total acordo com a lei genética geral do desenvolvimento cultural (VYGOTSKY, 2008, p. 57–58). Do ponto de vista metodológico, em função das questões de pesquisa, desenvolvemos uma estrutura teórico-metodológica de análise microgenética, cujos preceitos acreditamos estar em acordo com a teoria sociocultural (ver [seção 2.2](#)).

Por outro lado, embora haja algumas especificidades sobre atividades colaborativas, que dependem do desenho do ambiente construído para lhe dar suporte, a literatura indica que há alguns pontos consensuais sobre as características que a definem. Conforme Gilles et al (2012), as principais características de uma atividade colaborativa, voltada para o ensino-aprendizagem, residem no tipo de atitude que os estudantes devem ser encorajados a praticar:

- ✗ Toda informação deve ser compartilhada;
- ✗ Trabalhar para alcançar o consenso;
- ✗ Aceitar as responsabilidades de suas decisões;
- ✗ Apresentar razões para suas decisões;
- ✗ Discutir questões alternativas antes que uma decisão seja tomada;
- ✗ Participar ativamente das discussões, não se omitindo.

A literatura de pesquisa que existe em torno do tema é bastante vasta e apresenta particularidades que merecem alguma atenção antes de situar nosso trabalho (ver, por exemplo, DAMIANI, 2008; DILLENBOURG et al., 1995). Um dos contextos em que a ideia de atividade colaborativa tem sido muito explorada recentemente é aquele que envolve ensino e aprendizagem de Ciências assistidos por computador (FURBERG; KLUGE; LUDVIGSEN, 2013; KARLSSON, 2010; PATHAK et al., 2011; STAHL; KOSCHMANN; SUTHERS, 2006; TEASLEY; ROSCHELLE, 1995). As atividades desenvolvidas nesse contexto tratam de situações em que as interações com os artefatos e com outros agentes é preferencialmente virtual. Ou seja, neste contexto, toda a estrutura da atividade está baseada em ambientes virtuais criados com a finalidade de promover as interações sem a necessidade de que as pessoas envolvidas tenham encontros presenciais regulares.

O segundo contexto em que as atividades colaborativas são desenvolvidas são aqueles ambientes de aprendizagem em que os estudantes trabalham em grupo, na forma presencial, não só com atividades experimentais mas também com artefatos mediacionais circunscritos construídos para estimular a colaboração. São exemplos o ensino de ciências por investigação (GILLIES et al., 2012), os tutoriais de ensino de Física Introdutória – ou tutoriais (BENEGAS, 2007; FARIA, 2016) e abordagens voltadas para a solução colaborativa de problemas. Os tutoriais, utilizados no contexto desta pesquisa, serão descritos com maior cuidado na [seção 3.1.3](#).

O termo que estamos usando, “aprendizagem colaborativa”, destaca propositadamente uma certa generalidade, uma vez que não temos a intenção de discutir as nuances que o diferencia daquilo que se denomina “aprendizagem cooperativa”. Embora haja certas diferenças entre atividades colaborativas e atividades cooperativas, elas não são relevantes no contexto desta pesquisa (para uma revisão sobre atividades colaborativas e cooperativas, ver TORRES et al., 2004). Nossa intenção é reafirmar o caráter social-cultural da aprendizagem e valorizar os ambientes de aprendizagem que estimulam o protagonismo dos estudantes (ARONS; REDISH, 1997; CRAWFORD; KRAJCIK; MARX, 1999; MAZUR; WATKINS,

2010).

Quando elaboramos o projeto de pesquisa, tínhamos a expectativa de que a investigação de processos de aprendizagem nesse tipo de atividade nos permitiria conhecer um pouco mais sobre os mecanismos sociais-culturais de negociação de sentidos e atribuição de significados, presentes nas relações intersubjetivas (DILLENBOURG et al., 1995, p. 21). Esses mecanismos podem ser associados ao desenvolvimento dos sujeitos (subjetivação), mas, principalmente, ao caráter compartilhado da cognição social-cultural. Segundo (JORCZAK, 2011, p. 207), a identificação de características dos ambientes de aprendizagem que afetam a interação colaborativa permanece um importante objetivo de pesquisa.

Uma nova consulta à literatura de pesquisa em ambientes de aprendizagem colaborativa, agora voltada para a investigação de processos de aprendizagem no contexto de salas de aula, revelou uma grande diversidade de recursos usados como artefatos culturais mediadores, como por exemplo, os TIC's (ARANCIBIA; OLIVA; PAIVA, 2014; LOOI; CHEN; NG, 2010; WARIN; KOLSKI; SAGAR, 2011), atividades pedagógicas centradas no ensino de ciências por investigação (GILLIES et al., 2012), laboratórios virtuais e atividades práticas em laboratório, guiadas por tutoriais (AMBROSE et al., 1999; GOERTZEN; SCHERR; ELBY, 2009; MESTRE, 2012). Nestes contextos, os pesquisadores têm focado sua atenção a uma variedade de mecanismos de cognição social-cultural. Entre esses objetos de pesquisa, destacamos alguns estudos sobre aprendizagem autorregulada (GRAU; WHITEBREAD, 2012), engajamento produtivo (KHOSA; VOLET, 2014; MORTIMER; ARAÚJO, 2014), argumentação (EMIG et al., 2014), regulação metacognitiva socialmente compartilhada (DE BACKER; VAN KEER; VALCKE, 2015), teoria da carga cognitiva (JANSSEN et al., 2010), motivação (BRYAN; GLYNN; KITTLESON, 2011), entre outros. Também há estudos voltados para a avaliação de certas abordagens de ensino com relação à eficácia da própria “colaboração” em diferentes ambientes (TORTAJADA-GENARO, 2014).

Ambos nichos de atividades colaborativas, o virtual e o presencial, embora distintos na sua estrutura, estimulam a emergência de ações metadirigidas, mesmo nos contextos nos quais elas não são explícitas. De fato, muitas tarefas intermediárias, inseridas em atividades colaborativas, não têm seus objetivos explicitados. No entanto, as pessoas envolvidas naquele contexto, que agem em colaboração, são perfeitamente capazes de reconhecer as intenções implícitas nas ações dos companheiros de grupo, desde que estejam em estado de atenção conjunta (TOMASELLO, 2003, p. 85–86, 2009, p. xiii). As ações das pessoas envolvidas

nessas atividades são compartilhadas por meio de mecanismos de cognição que incluem os artefatos culturais que escolheram utilizar como mediadores. Estamos denominando esses mecanismos de “mecanismos de cognição compartilhada”.

Historicamente, processos sociogenéticos em atividades colaborativas e cooperativas entre seres humanos deram origem a diversos sistemas simbólicos em vários nichos da sociedade, uns mais simples e outros bastante complexos. Os sistemas simbólicos da Física, por exemplo, como outros sistemas simbólicos culturais compartilhados por comunidades de especialistas, possuem um amplo conjunto de artefatos culturais específicos da disciplina, um segundo conjunto trazido de disciplinas auxiliares e fundamentais como a matemática, e ainda um terceiro conjunto que consiste de artefatos sociais, pertencentes a um sistema de comunicação internos à comunidade.

Em situações de ensino-aprendizagem não se espera que os artefatos culturalmente construídos por uma comunidade de especialistas se configurem como inflexíveis e estáticos, algo que denotaria conhecimento pronto, acabado e verdadeiro; uma visão positivista da Ciência. A perspectiva de ensino-aprendizagem de Ciências se pauta, neste contexto, pela concepção da construção social do conhecimento. Espera-se, com o tipo de abordagem pedagógica inerente às atividades colaborativas, que os diferentes sentidos, atribuídos por diferentes agentes aos artefatos culturais do sistema simbólico, favoreçam a apropriação de significados mais estáveis daqueles artefatos.

Vendo dessa maneira, as atividades colaborativas tornam-se um meio de efervescência cultural, um universo pleno de sentidos e de significados no qual os estudantes têm oportunidade de se desenvolverem social e culturalmente. Sirgado (1993, p. 19) qualifica esse universo social-cultural de “cognoscível e comunicável”. Ali vamos encontrar as ações metadirigidas, organizadas socialmente por artefatos culturais e dirigidas a objetivos específicos pelas intenções dos agentes. Neste universo cognoscível e comunicável, onde se dá a aprendizagem cultural, ocorrem eventos no domínio microgenético que merecem nossa atenção enquanto pesquisadores. Eles podem revelar mecanismos cognitivos que nos ajudariam a compreender como se constituem algumas condições de aprendizagem cultural (TOMASELLO, 2003).

Algumas pesquisas sobre o desempenho de estudantes em atividades colaborativas têm mostrado sua eficácia, quando comparada com ambientes tradicionais de ensino-

aprendizagem (FURBERG; KLUGE; LUDVIGSEN, 2013; GOERTZEN; SCHERR; ELBY, 2009; KIRSCHNER et al., 2011; STRØMME; FURBERG, 2015). Um outro viés dessa pesquisa tem destacado que as atividades colaborativas contribuem para o desenvolvimento do pensamento crítico e de habilidades gerais de raciocínio (FARIA, 2016).

Temos trabalhado com a hipótese de que tais mecanismos emergem no domínio microgenético, nos movimentos de subjetivação e objetivação da cultura, fundamentais para a investigação. Segundo Wertsch (1985a, p. 55), Vygotsky reconheceu a importância dos eventos microgenéticos no estudo das ações mediadas por artefatos; eles se constituem no nível dialógico das interações discursivas intersubjetivas e acontecem no decorrer de poucos minutos ou segundos e são fundamentais para a metodologia desta pesquisa (ver também GÓES, 2000; LOURENÇO, 2012; MEIRA, 1994; VYGOTSKY, 2008). Nas situações dialógicas, que ocorrem em profusão em atividades colaborativas, emergem eventos microgenéticos nos quais “... o fluxo de comportamento de cada pessoa é recortado e interpretado pelas ações verbais e não-verbais dos outros, através das posições, perspectivas e papéis/contrapapéis mutuamente atribuídos a/assumidos por, nas interações sociais estabelecidas...” (ROSSETTI-FERREIRA; AMORIM; SILVA, 2000, p. 5). Essa visão das atividades colaborativas explica nossa opção pela adoção da análise microgenética como estrutura teórico-metodológica (ver [seção 2.2](#)).

Não esperamos que eventuais mecanismos de cognição compartilhada, emergentes no domínio microgenético, possam, por si só, dar conta do processo de aprendizagem, pois este se completa no domínio ontogenético e no tempo histórico do desenvolvimento do sujeito, que Tomasello (2003) chama de “caminhos ontogenéticos”, que passam por variados contextos sociais-culturais. Entretanto, acreditamos que a identificação desses mecanismos, no domínio microgenético possa contribuir para a compreensão dos processos de aprendizagem cultural, no contexto do ensino e aprendizagem de Ciências. Esperamos associar tais mecanismos a episódios marcados por contradições presentes nos argumentos e questionamentos que caracterizam os discursos dos estudantes, enquanto negociam sentidos e significados nesse contexto.

Nas atividades desenvolvidas em ambientes de aprendizagem colaborativa, os estudantes se apropriam de (subjetivam) certas propriedades dos artefatos culturais e as objetivam nas situações de sociogênese. Por outro lado, o professor objetiva artefatos consolidados do sistema simbólico que leciona. É nesse contexto, um ambiente social-

cultural, que ocorrem comportamentos e movimentos dos agentes sociais, no sentido de explorar constantemente as potencialidades dos artefatos culturais utilizados, para o que mobilizam processos psicológicos com os quais certos aspectos da cultura humana, sociais na sua essência, são objetivados e subjetivados (COLE, 1996a, p. 110).

É nessa trama complexa que esperamos, por meio da análise microgenética, encontrar indícios de mecanismos sociais-culturais de cognição compartilhada, que antevemos como possíveis estruturadores sociais de processos psicológicos no domínio microgenético.

2.2. ANÁLISE MICROGENÉTICA

A pesquisa em Ensino nas áreas das Ciências da Natureza tem sido conduzida com fundamentação teórico-metodológica construída a partir da contribuição de outras áreas das Ciências Humanas, especialmente da psicologia. Vários estudos, nesta grande área de conhecimento, tem como objeto os processos de desenvolvimento, especialmente de crianças pequenas (ver, por exemplo CHESHIRE et al., 2007; LIN et al., 2015; SIEGLER, 2006), havendo também estudos cujo objeto é a aprendizagem de conceitos (FLYNN; PINE; LEWIS, 2007; OPFER; SIEGLER, 2004). Estes estudos, entre outros tantos, utilizam a análise microgenética como suporte teórico-metodológico.

Nesta seção, propomos uma articulação entre os fundamentos teóricos da teoria sociocultural, que discutimos na [seção 2.1](#), e os preceitos da análise microgenética, cujo produto servirá como suporte à estrutura teórico-metodológica da pesquisa.

Apresentamos também, em uma das subseções que compõe esta seção, os resultados de uma pesquisa de revisão crítica da literatura sobre o uso da análise microgenética nas pesquisas publicadas nos periódicos da área de Ensino de Física e de Ciências entre os anos de 2011 e 2015. Esta revisão nos estimulou a discutir as implicações teórico-metodológicas dessa abordagem, uma vez que notamos algumas inconsistências importantes entre os pressupostos da análise microgenética e as orientações da teoria sociocultural.

Percebemos que essa discussão era necessária na medida em que avançávamos no percurso traçado. A partir das reflexões que essa investigação motivou, construímos uma proposta de revisão dos pressupostos da análise microgenética, baseada em cinco pontos, com o objetivo de adequá-los às orientações da teoria sociocultural, os quais apresentamos no final

desta seção.

Trabalhamos com a expectativa de que, por meio da análise microgenética, seja possível (1) identificar alguma forma de interação (que depois passamos a chamar de mecanismos de cognição compartilhada), que emergem nas situações observadas, no domínio microgenético, relacionadas à socialização de sentidos e de significados, (2) descrever estes mecanismos de cognição com suficiente riqueza de detalhes e, finalmente, (3) submeter o conceito de redescrição representacional à função de princípio explanatório da socialização de sentidos e de significados, no domínio microgenético.

2.2.1. A análise microgenética na literatura específica

O termo microgenético, nas Ciências Humanas, diz respeito à emergência de pequenas variações ou mudanças, ou ainda novas formações (gêneses), observadas em todo tipo de processos de desenvolvimento humano ou social. Normalmente, essas observações são consideradas em um intervalo de tempo relativamente reduzido em relação ao tempo total de observação e dizem respeito a processos relativamente mais curtos em relação à duração dos episódios de interesse.

De acordo com (LAVELLI et al., 2005), no capítulo 3 do *Handbook of research methods in developmental science*, o termo “método microgenético” teria surgido entre pesquisadores cognitivistas, mas tem sido adotado desde então por pesquisadores de outras perspectivas teóricas. Esses autores destacam que os trabalhos de pesquisa que têm utilizado a análise microgenética como abordagem metodológica encontram-se fundamentados em três principais perspectivas teóricas: a teoria sociocultural (ou histórico-cultural), cognitivista (pós-piagetiana) e a teoria de sistemas dinâmicos (psicologia do desenvolvimento). O principal argumento a favor da análise microgenética é que ela permite aos pesquisadores uma maior aproximação dos detalhes dos processos de mudança, assim como estudá-los durante sua ocorrência (LAVELLI et al., 2005, p. 41–42; SIEGLER; CROWLEY, 1991, p. 607).

Segundo Lavelli et al. (opus cit., p. 42, 43), independentemente da perspectiva teórica na qual os trabalhos de pesquisa se inserem, quatro fundamentos orientam a análise microgenética. São eles: (1) observam-se os indivíduos por um período de mudança no desenvolvimento, indicando a mudança individual como unidade de análise; (2) realizam-se

observações antes, durante e depois de um período durante o qual uma rápida mudança ocorre; (3) produz-se elevada densidade de observações relativas ao período de mudança no desenvolvimento; (4) analisam-se intensivamente os comportamentos observados, tanto qualitativa como quantitativamente, com o objetivo de identificar os processos que dão origem à mudança no desenvolvimento.

A referência aos autores citados foram encontradas indiretamente nas buscas realizadas no Portal Periódicos CAPES, orientadas para a literatura de ensino de Física e de Ciências, associadas ao termo “*microgenetic analysis*”. Durante as investigações iniciais, sem uma limitação da busca a periódicos específicos, percebemos que vários autores citavam os trabalhos de Robert Siegler e Kevin Crowley como referências fundamentais nesse tema. Essa estratégia de busca nos conduziu naturalmente a esses trabalhos originais, nos levando a uma pausa necessária para seu estudo, uma vez que nosso conhecimento da análise microgenética se limitava a trabalhos de autores da perspectiva sociocultural (por exemplo, BRANCO, 1993; CORREIA, 2003; GÓES, 2000; MEIRA, 1994; SCHROEDER, 2008; WERTSCH, 1985b).

2.2.2. Análise microgenética, teoria sociocultural e estudos de processos

O termo microgenético é caro à teoria sociocultural. Vygotsky, ao tratar da crise da psicologia em seu tempo, argumentava que a análise de um evento microgenético encontraria apenas fósseis do comportamento humano se ficasse restrita ao esquema estímulo-resposta, característico da psicologia behaviorista. Sua afirmativa se referia a testes que eram realizados em condições controladas em laboratório, por psicólogos contemporâneos a ele. Sua proposta era para que o comportamento das pessoas durante a fase de treinamento também fosse considerado na análise como integrantes do processo de desenvolvimento. Ele enfatizava que “é somente em movimento que um corpo mostra o que é” (VYGOTSKY, 2008, p. 67 a 74). Ao sinalizar a importância de se investigar os processos de desenvolvimento, essa proposta de Vygotsky guarda o sêmen da análise microgenética. Ao tratar desse tema, Wertsch (1985a, p. 55) afirma que os estudos no domínio microgenético podem ser considerados “estudos longitudinais de curto prazo”.

Na pesquisa em Educação, a teoria sociocultural está bem sedimentada como perspectiva teórica das abordagens em ensino-aprendizagem. Entre muitos autores que têm se

orientado por essa teoria, a análise microgenética significa direcionar o olhar do pesquisador para as minúcias, para os detalhes das ações e interações das pessoas, e os efeitos que elas promovem na rede de significações e na própria pessoa. Nesse sentido, a análise microgenética se constitui como abordagem dialética do objeto de pesquisa (ver, por exemplo, BRANCO, 1993; GÓES, 2000; GRIMES; SCHROEDER, 2015; MOLON, 2008; ROSSETTI-FERREIRA; AMORIM; SILVA, 2000). Especificamente, para a investigação da aprendizagem de conceitos, objeto de pesquisa de muitos trabalhos na área de Ensino de Física e de Ciências, cabe acrescentar a essa descrição a preocupação de Vygotsky com o compromisso em examinar a história dos processos de mudança durante seu desenvolvimento (CASTORINA; BAQUERO, 2008, p. 122).

As implicações metodológicas que essa interpretação produz são imediatas no sentido de compreender que ferramentas metodológicas são definidas para nos apropriar dos registros e para permitir observar o fluxo de construção de sentidos e de significados, com os quais construiremos os dados. Para que isso ocorra, o foco da análise e as ferramentas metodológicas devem ser flexíveis e dinâmicos. Isso significa que a análise dos dados deve ser desenvolvida cuidadosamente, acompanhando a evolução do trabalho para permitir uma reconstrução das interpretações sempre que for necessário. Desse ponto de vista, o processo de análise é naturalmente recursivo, e não deve ficar restrito a recursos metodológicos.

Algumas pesquisas em ensino de Física ou de Ciências têm apresentado como resultado desempenho de estudantes frente a determinadas estratégias de ensino (ou de aprendizagem), deixando em segundo plano eventuais indícios de mudança que ocorrem em cada intercorrência das relações interpessoais ou entre os sujeitos e os artefatos culturais presentes nas atividades. Uma proposta de pesquisa que tem como estrutura teórico-metodológica a análise microgenética, do ponto de vista da teoria sociocultural, pode eleger como prioridade a investigação daquelas intercorrências no domínio microgenético envolvendo as interações humanas, as relações sociais e o uso dos artefatos culturais que medeiam semioticamente as atividades.

Não temos a intenção, neste texto, de aprofundar o debate sobre as diferenças paradigmáticas entre as perspectivas teóricas que utilizam a análise microgenética nas abordagens a seus objetos de pesquisa, mas precisamos, de antemão, chamar a atenção para o fato de que a análise microgenética não deve ser confundida com aquilo que Strauss e Corbin (2008, p. 66) chamam de microanálise. Embora esses termos possam parecer a mesma coisa,

eles não são sinônimos. Segundo estes autores, microanálise faz referência a técnicas e procedimentos, sendo um instrumento de pesquisa situado no campo metodológico.

No nosso entendimento, a análise microgenética ultrapassa o campo da metodologia, incluindo questões epistemológicas e ontológicas, se constituindo, portanto, como uma estrutura teórico-metodológica. Nesse sentido, a microanálise torna-se um instrumento da análise microgenética.

2.2.3. A análise microgenética na pesquisa em ensino de Física e de Ciências

Uma vez conhecida a bibliografia básica e seus pressupostos metodológicos, nos voltamos para a busca específica em nossa área de interesse: a pesquisa em Ensino de Física ou de Ciências. Com o objetivo de conhecer como pesquisadores da área vêm utilizando a análise microgenética, realizamos nossa busca utilizando como principal fonte de pesquisa o Portal Periódicos CAPES, pelo fato dele reunir os principais periódicos brasileiros e um bom número de periódicos internacionais na Pesquisa em Educação. Para limitar a abrangência da pesquisa e filtrar os trabalhos mais relevantes, optamos por impor, como primeiro critério, considerar apenas os periódicos classificados nas categorias A1 e A2, nas áreas de Ensino ou de Educação, tendo como referência a classificação *qualis14*⁷. Com esse critério, encontramos 74 periódicos. Entretanto, alguns periódicos internacionais, disponíveis no Portal Periódicos CAPES, não estão classificados pelo *qualis14*, apesar de seu reconhecido valor para a pesquisa em Ensino de Física e de Ciências. São exemplos o periódico *Cognitive Science*, cujo fator de impacto é de 3,080, ou o *Science Education*, com fator de impacto 3,393. Para lidar com essa inconsistência, nós criamos um segundo critério: verificamos os fatores de impacto de todos os periódicos que estão indexados no *qualis14* como A1 e/ou A2 no *InCite Journal Citation Index*, com os quais fizemos uma média aritmética, resultando no valor de 1,555. Tomando este valor como referência, incluímos mais 8 periódicos em nossa base de pesquisa, totalizando 82 periódicos para consulta.

Após esse procedimento, efetuamos a busca no Portal Periódicos com termos básicos de interesse: “*microgenetic analysis*” (acompanhados dos termos “*physics education*”,

7 O índice *qualis* foi instituído pela CAPES com a finalidade de acompanhar a evolução qualitativa e quantitativa das publicações acadêmicas de professores e pesquisadores brasileiros, assim como de estudantes de pós-graduação, em várias áreas de conhecimento.

“*physics learning*”, “*physics teaching*”, e variações), e filtramos a pesquisa para os 82 periódicos que atendiam os critérios estabelecidos. A busca, realizada em dezembro de 2015, procurou publicações entre 01/01/11 a 31/12/15, que atendessem ao primeiro critério. O quadro 2.1 apresenta uma síntese da busca.

Embora a busca tenha sido feita em 82 periódicos, os dados do quadro 1 nos permitem afirmar imediatamente que naqueles cinco anos houve pouco interesse ou desconhecimento por parte da comunidade científica, da análise microgenética como estrutura teórico-metodológica. Uma análise em termos percentuais corrobora esta afirmação. Neste período foram publicados cerca de 1620 artigos, dos quais apenas 5 ($\approx 0,3\%$) poderiam ser considerados para um estudo mais detalhado, segundo os preceitos da análise microgenética já apresentados. Entretanto, esse aprofundamento não se justifica diante de um percentual tão baixo e não acrescentaria informação relevante. Por ora, basta dizer que os trabalhos não seguem todos os preceitos da análise microgenética, conforme a literatura específica que mencionamos.

Quadro 2.1: Ocorrência de publicações em periódicos da área de Ensino de Ciências e Ensino de Física, entre jan/2011 e dez/2015 com classificação *qualis14* A1/A2 ou fator de impacto igual ou superior a 1,555, cujos autores declararam utilizar a análise microgenética como estrutura teórico-metodológica ou como instrumento de análise. Considerando uma média de 12 artigos por fascículo, chegamos a cerca de 1620 artigos publicados nesse período.

PERIÓDICO (ISSN)	PAÍS	qualis14	FASCÍCULOS/ ANO	RESULTADO
Ciência & Educação (on line) 1980-850X	Brasil	EDU A2 ENS A1	4	1
Cognitive Science 0364-0213	EUA	NC* IF 2,446	8	1
Science Education 1098-237X 0036-8326	EUA	NC* IF 3,393	6	1
Child Development 0009-3920	EUA	NC* IF 6,253	6	1
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** 1806-5104	Brasil	EDU A2 ENS A2	3	1

*NC – não classificada pelo *qualis14*

** Não disponível via Portal Periódicos Capes

Embora o percentual verificado seja, de fato, muito baixo, sabemos que existem muitas pesquisas em Ensino de Ciências, voltadas para a investigação de processos, que levam em conta alguns compromissos da abordagem microgenética e, no entanto, não a

reivindicam. Por esse motivo, mesmo sabendo que o Portal Periódicos é conveniado com várias bases bibliográficas internacionais, não podemos apresentar esse resultado como definitivo. Por coincidência, percebemos que em um dos artigos selecionados, Andrea diSessa também chama a atenção para a ausência da análise microgenética como ferramenta de análise. Ele menciona como fonte de pesquisa uma rápida busca realizada com alguns autores que trabalham com mudança conceitual e em um *Handbook* sobre o mesmo tema (DISESSA, 2014, p. 797).

O uso da análise microgenética como estrutura teórico-metodológica de investigação de processos de mudança foi alardeada como bastante promissora por Lavelli et al (2005). No entanto, se houve um “boom”, como anunciado pelos autores, ele não sensibilizou os pesquisadores da área de Ensino de Física ou de Ciências. É preciso reconhecer que este *Handbook* não se destina especificamente à área da Educação, muito menos à área de Educação em Ciências, sendo que a maioria dos estudos microgenéticos apontados pelos autores como exemplos dessa prática tem como objeto de investigação as interações adulto-criança nas primeiras fases da vida dos bebês (LAVELLI et al., opus cit., p. 44).

De toda forma, nossa preocupação com uma estrutura teórico-metodológica adequada para o uso da análise microgenética nasce da percepção de que a investigação de processos exige de fato um trabalho recursivo e intensivo com uma grande quantidade de dados, principalmente aqueles construídos com base nas transcrições das falas dos sujeitos pesquisados. Por outro lado, o método de investigação na teoria sociocultural é um dos problemas fundamentais expostos por Vygotsky. Avançaremos um pouco mais sobre esse assunto na próxima subseção e terminamos apresentando nossa proposta de cinco pontos para a condução de uma análise microgenética, na última seção deste capítulo (seção 2.2.6).

2.2.4. O problema do método nas investigações em ensino-aprendizagem

Estudar alguma coisa historicamente significa estudá-la no processo de mudança: esse é o requisito básico do método dialético.
Lev Vygotsky.

As reflexões que fizemos até então, são produto de um diálogo com muitos autores ao longo dos últimos três anos, aos quais não pretendemos atribuir uma posição de destaque, exceto a Vygotsky, que refundou as bases para toda uma reorientação na(s) metodologia(s) de

pesquisa no campo da Educação. A metodologia de Pesquisa em Ensino tem avançado junto com o debate sobre a constituição da Educação como um campo autônomo de conhecimento. Esse debate é uma consequência da crise de paradigmas que continua a exercer uma pressão sobre as Ciências Humanas e Sociais, e que produz reflexos evidentes sobre o campo (BONAMINO; BRANDÃO, 2002; CORTELLA, 2003). Um dos sintomas dessa pressão permanente sobre o campo da Educação são as dicotomias que discutimos anteriormente e que ainda persistem entre pesquisadores e professores (boa referência nesse tema é MERCER, 2007).

Embora não haja consenso sobre caminhos metodológicos ou técnicas de investigação, nossa percepção é a de que o fato da Educação se constituir como um campo interdisciplinar passa a ser uma vantagem e revela-se um campo de estudo de amplas possibilidades e de grande fertilidade. Nesse contexto interdisciplinar de pesquisa, cuidar da metodologia é um passo necessário para que os resultados alcançados possam se estabelecer com crédito e ajudar a consolidar o campo.

Com essas questões em mente, pretendemos mostrar como as ideias vygotskianas, com relação ao método nas investigações em psicologia (VYGOTSKY, 2001a, cap. 1), muito caras ao campo da Educação, vão ao encontro dos critérios definidores de um paradigma de pesquisa construtivista, conforme apontados por Egon Guba e Yvonna Lincoln (GUBA; LINCOLN, 1994, cap. 6). Embora nossa preocupação não seja enquadrar a pesquisa neste ou naquele paradigma, tais critérios fornecem segurança metodológica à pesquisa. Segundo a definição destes autores, a caracterização de um paradigma de pesquisa emerge quando é possível estabelecer relações consistentes e interdependentes para questões de base ontológica, epistemológica e metodológica, às quais não é possível responder isoladamente.

Isso não significa que os critérios estabelecidos sejam inflexíveis. Ao contrário, eles podem e devem ser flexibilizados dentro de limites bem demarcados que garantam coerência lógica e consistência interna à pesquisa no campo da Educação. Como apresentado por (GÓES, 2000), a caracterização de metodologia que nós pretendemos está em acordo com novos paradigmas de pesquisa que se opõem ao modelo racional das Ciências Naturais, de caráter positivista. A autora cita Boaventura Santos e Carlo Ginzburg como referências à admissão de uma certa “transgressão metodológica” ou “postura imetódica” nas pesquisas em Ciências Humanas. Isso nos faz pensar que as autoras se referem à posição de Boaventura Santos sobre o atual estado de transição paradigmática das Ciências Humanas em direção a

uma Ciência pós-moderna, o que justificaria a postura de transgressões metodológicas (SANTOS, 2003). Por sua vez, Carlo Ginzburg defende a investigação minuciosa, a descrição detalhada dos indícios. Ele propõe que tanto o saber comum aos caçadores (venatório), como o saber comum aos sábios (divinatório), estão calcados em um modelo epistemológico mediado semioticamente que prima pela atenção aos indícios (GINZBURG, 1989).

Nesse sentido, a pesquisa que realizamos não antecipou métodos de ação, mas uma estrutura teórico-metodológica flexível, construída em função de uma unidade de análise encontrada na teoria – a habilidade cognitiva da redescrição representacional. Assim, as estratégias de ação que implementamos, enquanto nos debruçávamos sobre os registros, se consolidaram à medida que avançávamos na análise.

Concordamos que, entre as diversas áreas de conhecimento que contribuem com o campo da Educação, a psicologia tem sido uma das mais importantes referências para as questões de ensino-aprendizagem, sendo que a maior referência nesse campo é Lev Vygotsky. Seus trabalhos constituem a base da teoria sociocultural. Preocupado com o método nas pesquisas em psicologia, ele apresentou uma nova proposta metodológica baseada em três princípios: (1) análise de processos, e não de objetos – produtos, na nossa interpretação; (2) análise dinâmica, ou seja, uma busca pela explicação (princípio explanatório) em contraposição à descrição; e (3) análise histórica do desenvolvimento, em contraposição a estudos “fossilizados” de processos psicológicos (VYGOTSKY, 2001b, 2008).

A preocupação de Vygotsky nasce no contexto da crise da psicologia no início do século XX. Para ele, para superar a crise, seria necessário romper com o esquema estímulo-resposta, caracterizado como um esquema baseado no produto puro e isolado das ações humanas, ou seja, nas respostas dadas pelos sujeitos investigados mediante o uso de objetos de estimulação cuidadosamente desenhados para isso. A proposta de Vygotsky considerava a necessidade de que a psicologia voltasse sua atenção aos processos decorrentes do comportamento humano no processo de desenvolvimento da resposta dada a ele e não apenas descrevesse as respostas obtidas devido àquele estímulo (VYGOTSKY, 2001b).

Assinalemos que os três princípios propostos por Vygotsky são indissociáveis, pois, para ele, um método de pesquisa não é construído a priori, mas desenvolvido no desenrolar histórico da investigação. A elaboração do problema e também do método se desenvolvem em conjunto, ainda que não necessariamente de forma simultânea. A busca pelo método torna-se

uma das tarefas mais importantes da pesquisa. O método, neste caso, “é ao mesmo tempo premissa e produto, ferramenta e resultado da investigação. A completa revelação do método deve ser o objetivo de todo o trabalho em seu conjunto” (VYGOTSKY, 2001b, p. 47).

Essa orientação apresenta uma coerência lógica importante, pois, do ponto de vista da teoria sociocultural, a própria investigação realizada em ambientes culturalmente estruturados e socialmente regulados é um processo de criação, cujo desenvolvimento ocorre em paralelo ao desenvolvimento dos outros processos (sociais, culturais e psicológicos) que se manifestam em torno do objeto de pesquisa.

Para nós, isso quer dizer que as interpretações realizadas pelo pesquisador acerca dos processos observados devem ser submetidas constantemente a uma análise criativa em favor de uma renovação das possibilidades antevistas por uma hipótese inicial de trabalho. Este é um dos principais fundamentos da metodologia de pesquisa desenvolvida sob o referencial sociocultural que demarca uma posição contrária ao caráter objetivista. A defesa desse argumento também encontra respaldo na ideia de rede de significações (ROSSETTI-FERREIRA; AMORIM; SILVA, 2000). As autoras enfatizam o caráter dinâmico dos ambientes humanos, socialmente regulados e culturalmente estruturados:

A partir desses pressupostos, pode-se dizer que o desenvolvimento humano é um processo que se dá do nascimento à morte, dentro de ambientes culturalmente organizados e socialmente regulados, através de interações estabelecidas com parceiros, nas quais cada pessoa (adulto ou criança) desempenha um papel ativo. [...] No processo interativo, portanto, o conjunto das ações possíveis de serem realizadas e o fluxo dos comportamentos são delimitados, estruturados, recortados e interpretados pela ação do outro e, também, por um conjunto de elementos orgânicos, físicos, interacionais, sociais, econômicos e ideológicos. Todos eles interagem dinamicamente e dialeticamente, compondo uma rede, a qual contempla condições macro e micro-individuais e estrutura um universo semiótico, constituindo o que vimos denominando de Rede de Significações. Esta possibilita não só os processos de construção de sentido em uma dada situação interativa, como os processos de desenvolvimento. (p. 283).

Quando falamos em método de pesquisa para investigar processos de ensino-aprendizagem em atividades em salas de aula, temos de reconhecer que inevitavelmente estamos realizando um recorte na rede de significações que constitui a atividade. Assim, é preciso reconhecer que as os eventos que ocorrem no domínio microgenético não estão isolados da rede de relações complexas, cujas ramificações vão além daquele contexto, interligando relações familiares, crenças religiosas e outras influências que fogem ao alcance do pesquisador.

Como consequência dessa reflexão, sentimos a necessidade de reconhecer as

dificuldades de generalização com relação ao papel de eventuais mecanismos cognitivos nos processos de ensino-aprendizagem, que quaisquer resultados de análise possam indicar. Em virtude desse cenário, vamos propor a adoção de dois cuidados fundamentais de modo que a condução da investigação, bem como a construção e a análise dos dados, possam oferecer resultados confiáveis dentro de um universo claramente delimitado pelo objeto de pesquisa.

O primeiro cuidado diz respeito à unidade de análise. A unidade de análise deve estar fundamentada naqueles compromissos ontológicos e epistemológicos, assumidos pelos pesquisadores, os quais orientaram a definição do objeto de pesquisa; neste caso, em consonância com um paradigma construtivista de pesquisa em Ciências Humanas. A unidade de análise que elegemos – o processo de redescrição representacional – surgiu de nossas investidas no campo teórico e, como norteadora preliminar do trabalho, se revelou bastante coerente com esses compromissos.

Do ponto de vista ontológico, a unidade de análise reflete um reconhecimento de um mundo cujas representações são concebidas de acordo com a relação mediada do sujeito com seu mundo. Conforme mudam os artefatos mediadores, novas relações são estabelecidas e, como consequência, há uma constante transformação das representações que o sujeito faz do mundo. Do ponto de vista epistemológico, o compromisso dos pesquisadores reside no reconhecimento de que o conhecimento humano, dadas as condições biológicas necessárias, se desenvolve na cultura. Em relação ao conhecimento escolar, a unidade de análise está de acordo com os processos psicológicos com os quais as pessoas manipulam artefatos culturais para redescrever e representar os objetos de conhecimento que estão lidando no ambiente social.

O segundo cuidado, o qual julgamos importante quando se trata de uma proposta de pesquisa cujos pressupostos metodológicos se fundamentam na análise microgenética, é procurar preservar a ecologia do sistema tanto quanto possível. Da perspectiva ecológica de Bronfenbrenner, o sistema “sala de aula” é um microssistema aberto para onde os sujeitos trazem suas diversas experiências de vida (ALVES, 1997). Nesse sentido, entendemos que a sala de aula é um microssistema fluído e permeável (OCDE; OIE-UNESCO; UNICEF, 2016, p. 192). Como a pesquisa que conduzimos se restringe a esse microssistema, é fundamental que implementemos alguns procedimentos a fim de manter preservada sua ecologia.

A aplicação consciente do conceito de ecologia do sistema procurou minimizar a

introdução de viés adicional, relativo ao pesquisador e aos equipamentos trazidos por ele. Para que os estudantes não se sentissem incomodados com as câmeras e com a presença do pesquisador, começamos os procedimentos de gravação das aulas cerca de duas semanas antes do professor iniciar o conteúdo em que estávamos interessados. Pelo mesmo motivo, as câmeras permaneceram fixas nos pontos definidos para chamar o mínimo de atenção dos estudantes⁸. Assim também ocorreu com a presença do pesquisador, que permaneceu no fundo da sala a maior parte do tempo, apenas observando o comportamento dos estudantes e tomando notas no caderno de campo.

Um fato que corrobora a importância desse cuidado foi observado no comportamento inicial dos estudantes que se dirigiram muitas vezes ao pesquisador para pedir orientação sobre a atividade desenvolvida, uma vez que sabiam que o pesquisador também era professor da mesma disciplina em outra turma. A resposta do pesquisador foi orientar os estudantes para que toda a ajuda que precisassem fosse solicitada ao professor. Essa resposta foi sempre formulada com o devido cuidado, mostrando aos estudantes que, por razões metodológicas, o pesquisador estava impedido de dar qualquer ajuda a eles. Com o passar do tempo, eles passaram a ignorar o pesquisador quanto a essa possibilidade. Além disso, foi possível observar, em diversos momentos, que os estudantes se esqueciam dos instrumentos de gravação, e quando lembravam da sua presença, faziam observações do tipo “fica falando bobagem aí que está gravando!”, ao que outros respondiam tomando o gravador para mandar mensagens diretas ao pesquisador ou ao professor, do tipo “um grande abraço para você”. Esse fato demonstra que, embora eventualmente se lembrassem dos equipamentos de gravação, estavam à vontade com eles.

Vale lembrar que a estrutura teórico-metodológica construída para responder às questões de pesquisa, apresentada nas seções que compõem este capítulo, tem o objetivo de criar as condições para nos aproximarmos dos processos cognitivos que ocorrem nos ambientes de aprendizagem colaborativa. Nas próximas seções vamos discutir os passos que demos para transformar o conceito de redescrição representacional em unidade de análise e como a unidade de análise se comporta em uma estrutura metodológica de análise microgenética, respeitando os fundamentos da teoria sociocultural.

8 Um poucas vezes, utilizamos a câmera do fundo da sala para focar o quadro e o professor para que as explicações dadas por ele e os registros no quadro ficassem gravados para posterior análise.

2.2.5. Redescrição representacional como unidade de análise

Na [seção 2.1.3](#), apresentamos de maneira mais aprofundada nossa interpretação para o conceito de redescrição representacional, concebido por Karmiloff-Smith e desenvolvido posteriormente por Michael Tomasello. Acreditamos que o processo cognitivo de redescrição representacional pode representar o ponto de contato entre a cultura na mente e a cultura no meio como expressão dialética dos movimentos de subjetivação/objetivação. Isso significa olhar para os sujeitos da pesquisa imersos em um universo que contempla tanto o plano individual como o plano das relações intersubjetivas. Nesse aspecto, nossa interpretação da redescrição representacional estabelece um segundo nível de análise da relação homem-cultura, mais próxima dos detalhes das estratégias cognitivas que estabelecem uma tensão dialética entre o plano interno e o plano externo, dado pelo contexto social da atividade.

Conforme mostramos na [seção 2.1.1](#), a proposta de Cole para a superação da dicotomia entre mente e cultura, ou entre o individual e o cultural, é a inclusão da mediação por artefatos culturais nas ações das pessoas, os quais são construídos historicamente por processos que lhes incorporam os atributos de materialidade e de idealidade. Dessa forma, Cole defende que não há predominância de uma cultura no meio, separada dos sujeitos, nem tampouco a predominância de uma cultura mental individual, pois os artefatos são, ao mesmo tempo, materiais e ideais.

Ao propor a adoção da redescrição representacional como unidade de análise, estamos buscando apreender os detalhes das estratégias cognitivas incorporadas às ações das pessoas, sejam elas voltadas para a solução de um problema ou para a construção de uma resposta a demandas da atividade, ou interpostas por outro sujeito envolvido em sociogênese. Atribuímos ao processo de redescrição representacional a mesma interpretação que demos aos artefatos culturais, quanto à irredutibilidade da cultura ao sujeito ou ao social. Isto significa que as estratégias cognitivas dos sujeitos que observamos estão difundidas entre o plano individual e o plano externo – o plano das relações intersubjetivas. O esquema apresentado na [ilustração 2.1](#) mostra as relações reconhecidamente dialéticas entre os planos cognitivos difundidos em situações de sociogênese. No esquema, as linhas pontilhadas não representam distinção entre os planos, mas se referem a aspectos inibidores (*constraints*) e facilitadores (*affordances*), comuns a todos os artefatos culturais que medeiam as relações dialéticas na cultura.

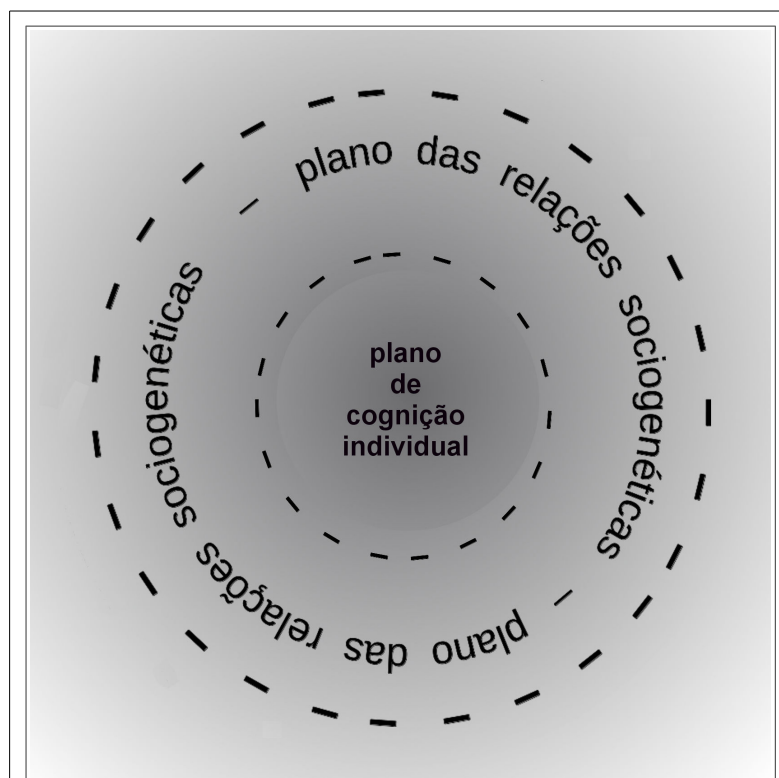


Ilustração 2.1: Planos cognitivos em relação dialética na sociogênese. A gradação observada na figura significa que os planos cognitivos são interdependentes e que mantém relações difusas. As linhas pontilhadas representam os aspectos inibidores (*constraints*) ou facilitadores (*affordances*) oferecidas pelos artefatos culturais mediadores das ações dos sujeitos envolvidos.

Do ponto de vista metodológico, a ilustração 2.1 representa um recorte da totalidade cultural, permitindo ao pesquisador construir unidades de análise consistentes com a relação do sujeito com os elementos do seu ambiente social-cultural. Assim, no plano metodológico deste estudo microgenético, a redescrição representacional tem o desejado caráter prescritivo de uma unidade de análise, pois permite selecionar de antemão, em um primeiro nível de análise, episódios de interesse que serão explorados *a posteriori*. Acreditamos que essa é uma característica fundamental para uma unidade de análise no delineamento de uma abordagem microgenética, pois contribui para a redução da quantidade dos dados primários, sem perda de sua qualidade. Essa possibilidade se mostrou satisfatória, como veremos na análise dos dados.

Com relação ao objeto de pesquisa, a adoção da redescrição representacional como unidade de análise reflete a tensão dialética entre o individual e o social nos processos de aprendizagem. Do ponto de vista epistemológico, o sujeito se relaciona com outros sujeitos por meio da mediação de artefatos culturais e sociais, apropriando-se do conhecimento

socialmente compartilhado. A unidade de análise deve oferecer condições ao pesquisador de descrever o compartilhamento do conhecimento construído socialmente, incluindo o papel restritivo ou facilitador dos artefatos culturais colocados em uso. Assim, a unidade de análise apresenta também um caráter descritivo, fundamental para responder às questões de pesquisa.

Além disso, o uso da redescrição representacional não exclui a interpretação de Cole para a função dos artefatos culturais nas atividades humanas, mas permite olhar para a mediação em uma escala mais precisa das ações humanas, com foco nas estratégias cognitivas. Entendemos que artefatos culturais e processos de redescrição representacional estão imbricados, pois, ao deflagrar o processo de redescrição representacional, o sujeito se apropria de alguns artefatos culturais para estruturar seu pensamento. Isso permite a ele representar, de novas maneiras, as relações entre os artefatos culturais disponibilizados na atividade, ou ainda evocar analogicamente outros artefatos, trazidos de outro lugar, de memórias distantes, os quais se tornam recursos idiossincráticos, responsáveis por introduzir novas relações. Esses movimentos dialéticos entre planos cognitivos é observável nos processos de objetivação cultural. Nos processos de subjetivação cultural, tais movimentos são admitidos por inferência, com a ajuda do conceito de redescrição representacional.

Observemos, portanto, que a apropriação que fazemos do conceito de redescrição representacional (seção 2.1.3), retomado aqui com o objetivo de tratá-lo como unidade de análise, não se aplica a participações individuais isoladas, mas a todas as ações, verbais ou materiais, que se desenrolam nas atividades observadas, nas situações de sociogênese. Ressalte-se que, nessas condições, a unidade de análise representa uma parte da totalidade que ainda mantém as características desse todo – a diversidade de relações intersubjetivas, mediadas por artefatos culturais. Com isso, atendemos à definição de unidade de análise, dada por Vygotsky (2001b, 2001c) e, ao mesmo tempo, incluímos a mediação semiótica conforme proposto por Sircado (SIRGADO, 1991).

Do ponto de vista epistemológico, em relação aos processos de aprendizagem social-cultural, a unidade de análise está plenamente de acordo com o pressuposto fundamental da teoria sociocultural, a lei genética geral do desenvolvimento cultural, de Vygotsky. Desse ponto de vista, podemos entender a redescrição representacional como um construto que, enquanto habilidade cognitiva, difunde o plano cognitivo individual no plano das relações intersubjetivas que ocorrem no meio social-cultural. Além disso, reflete nossa visão de um mundo culturalmente estruturado e socialmente organizado, em transformação constante,

concebido por um sujeito, também em processo de transformação, imerso nesse mundo.

O esquema apresentado na ilustração 2.1 mostra as relações reconhecidamente dialéticas entre os planos cognitivos difundidos em situações de sociogênese. Ele ajuda a compreender os cinco pontos elencados por nós para a adoção de uma abordagem microgenética, sustentados pela teoria sociocultural. São preceitos que julgamos necessários para tornar a abordagem microgenética consistente com os fundamentos da teoria sociocultural. É o que trataremos na seção seguinte.

2.2.6. Cinco pontos para uma abordagem microgenética

A interpretação que fazemos do conceito de redescrição representacional, é a de que esta é uma habilidade cognitiva especificamente humana adquirida na primeira infância e que permite estabelecer uma relação entre o plano interno e o plano das relações intersubjetivas. Esse potencial nos permitiu transformá-la em uma unidade de análise consistente com a teoria sociocultural e também com os objetivos da pesquisa incorporados nas questões que a orientam. Portanto, o processo de redescrição representacional se tornou a unidade de análise por meio da qual pretendemos conduzir a construção dos dados da pesquisa.

Como discutimos na [seção 2.2.4](#), a metodologia de pesquisa também foi um processo de construção recursiva. Nesse sentido, as reflexões apresentadas a seguir começaram a emergir a partir da leitura de alguns trabalhos encontrados quando realizamos a busca no Portal Periódicos Capes, conforme apresentamos na [seção 2.2.3](#). O objetivo principal dessa busca era conhecer o estado da arte da análise microgenética na Pesquisa em Ensino de Física e de Ciências. Os primeiros resultados já indicavam que não haveria muitos trabalhos identificados com a análise microgenética em nossa área. Entretanto, as referências bibliográficas encontradas em alguns trabalhos apontavam para uma literatura fundamental sobre a análise microgenética. Este percurso recursivo de investigação nos levou a perceber algumas inconsistências nos preceitos que definem a análise microgenética, quando considerados à luz da teoria sociocultural.

Conforme apontamos na [seção 2.2.1](#), Lavelli et al (2005, p. 42, 43), ao elencar os preceitos de uma abordagem microgenética, o fazem afirmando que tais preceitos independem da perspectiva teórica na qual os trabalhos de pesquisa se inserem. São quatro os preceitos por

eles elencados (quadro 2.2): (1) observação dos indivíduos por um período de mudança no desenvolvimento, indicando a mudança individual como unidade de análise; (2) realização de observações antes, durante e depois de um período durante o qual uma rápida mudança ocorre; (3) produção de elevada densidade de observações relativas ao período de mudança no desenvolvimento; (4) análise intensiva dos comportamentos observados, tanto qualitativa como quantitativamente, com o objetivo de identificar os processos que dão origem à mudança no desenvolvimento.

Para nós, o primeiro preceito é inconsistente com os fundamentos da teoria sociocultural, uma vez que a teoria recusa firmemente o individualismo metodológico, criticado por Vygotsky e tantos de seus seguidores; os sujeitos não devem ser isolados do seu meio social-cultural para se proceder uma investigação. Uma vez que as ações humanas ocorrem em função do contexto no qual a atividade se desenvolve, mesmo quando o esforço do pesquisador se volta para o papel do sujeito em determinada ação, “o fato de que haja ferramentas culturais envolvidas implica que a inserção sociocultural da ação sempre estará incorporada à análise” (WERTSCH, 1999, p. 49). Portanto, a unidade de análise deve ser construída com base nas relações dos sujeitos com a cultura, nas situações de sociogênese, e não baseada em mudanças individuais.

O segundo e o terceiro preceitos dizem respeito a questões metodológicas e, a nosso ver, são neutros com relação à teoria sociocultural, o que não significa admitir que qualquer estrutura metodológica seja consonante com esta teoria. O quarto preceito também precisa ser considerado com cuidado, uma vez que volta a mencionar o “comportamento”, fazendo alusão a uma eventual “mudança no desenvolvimento”, o que poderia ser interpretado como um reforço ao mesmo individualismo metodológico.

Quadro 2.2: Quadro comparativo dos preceitos de uma abordagem microgenética: na coluna da esquerda apresentamos os preceitos que orientam a análise microgenética segundo a literatura específica, e na coluna da direita nossa proposta para readequação desses preceitos à luz da teoria sociocultural.

<i>Lavelli et al (2005)</i>	<i>Proposta de readequação</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Observação dos indivíduos por um período de mudança no desenvolvimento, indicando a mudança individual como unidade de análise; 	<ul style="list-style-type: none"> • Observação dos sujeitos em processos de negociação de significados e de sentidos, nos quais estão presentes, além de outros sujeitos, os artefatos culturais que medeiam suas ações;
<ul style="list-style-type: none"> • Realização de observações antes, durante e depois de um período durante o qual uma rápida mudança ocorre; 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção de dados primários por meio do maior número possível de fontes, como gravações em áudio e em vídeo dos cenários de interesse, manutenção de cadernos de campo, produções escritas dos sujeitos e entrevistas;
<ul style="list-style-type: none"> • Produção de elevada densidade de observações relativas ao período de mudança no desenvolvimento; 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção dos dados a partir da identificação de um evento em que se observa um processo de mudança nas ações verbais ou materiais do sujeito, investigando, no domínio microgenético, episódios anteriores e posteriores relacionados àquele evento;
<ul style="list-style-type: none"> • Análise intensiva dos comportamentos observados, tanto qualitativa como quantitativamente, com o objetivo de identificar os processos que dão origem a mudanças no desenvolvimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de unidades de análise que levem em conta os artefatos mediadores disponíveis ou emergentes no contexto cultural local e as relações dialéticas entre o plano cognitivo individual e o plano das relações intersubjetivas;
	<ul style="list-style-type: none"> • Exploração intensiva e recursiva das relações intersubjetivas, que ocorrem em sociogênese, que caracterizam uma mudança em desenvolvimento, com o objetivo de identificar mecanismos cognitivos que possam ajudar a descrever/compreender processos de aprendizagem.

Assim, os preceitos apresentados pelos autores nos fazem pensar que não se atribuiu a importância necessária ao papel do ambiente social-cultural na construção do conhecimento pelos sujeitos, e não se considera explicitamente a natureza dialética das relações do sujeito com seu meio, o que os torna inconsistentes com a teoria sociocultural.

Com base nessas considerações e na premissa de que o acesso aos significados de fenômenos e objetos é primeiro mediado interpsicologicamente e depois se transforma em processos intrapsicológicos (VYGOTSKY, 2008, p. 57–58), a condução deste estudo permitiu vislumbrar uma proposta de readequação desses preceitos para que a abordagem microgenética na pesquisa em Ensino de Física e de Ciências guardasse uma relação de maior coerência com a teoria sociocultural. A concretização dessa proposta está formalizada por meio dos cinco pontos apresentados no quadro 2.2, os quais foram elaborados com os seguintes cuidados: (1) situar os sujeitos da pesquisa, caracterizando-os como sujeitos

culturais em seu contexto, (2) incluir os artefatos culturais como mediadores das relações intersubjetivas, e (3) construir unidades de análise consistentes com o objeto de pesquisa.

A despeito do potencial analítico que a análise microgenética oferece, algumas razões de ordem prática podem ser apontadas para o pouco interesse em seu uso. A primeira diz respeito ao tempo dedicado à análise, muito longo devido às necessárias recorrências aos registros para a construção dos dados. Entretanto, atualmente já existem softwares, como o *Nvivo*⁹, cujos recursos prometem agilizar o trabalho com os registros, ou a plataforma *ANOVA*, para a construção de dados estatísticos, no caso de pesquisas quantitativas ou semiquantitativas (DISESSA, 2014; GILLIES et al., 2012). De forma ainda precária, um aplicativo para celulares que ajuda na transcrição de textos ditados oralmente permite ganhar tempo com as transcrições, ainda que seja necessário efetuar correções no texto obtido.

Uma segunda razão para a pouca penetração da análise microgenética na pesquisa em Ensino de Física e de Ciências, que é complementar à primeira, pode estar relacionada à dificuldade de se construírem unidades de análise adequadas e consistentes com o objeto de estudo, ou ao pouco crédito que se atribui à inclusão de unidades de análise para estruturar a metodologia da pesquisa.

Embora a análise microgenética não venha sendo utilizada como estrutura teórico-metodológica na pesquisa em Ensino de Física e de Ciências, conforme apresentamos na [seção 2.2.3](#), sua utilização no escopo de pesquisas qualitativas é um argumento favorável à investigação de processos de aprendizagem, pelo detalhamento que se exige da descrição de episódios relevantes. Mesmo diante das dificuldades apresentadas, a análise microgenética pode ser uma opção interessante para pesquisadores cujo objeto de estudo seja a formação de conceitos, e pode contribuir para aprofundar o amplo conhecimento que a pesquisa em Ensino de Física e de Ciências já produziu sobre o ensino de uma maneira geral, e sobre a aprendizagem conceitual.

⁹ *Nvivo10* para *Windows* é um aplicativo proprietário ©*QSR International*, utilizado para pesquisas qualitativas. O *software* facilita a organização de dados não estruturados obtidos com registros de entrevistas, respostas abertas de pesquisa, artigos, mídia social e também conteúdo *web*.

3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Acreditamos que este trabalho está fundamentado no paradigma de pesquisa construtivista. Isso significa que as interpretações que fizemos dos episódios analisados não têm a pretensão de se apresentar como certeza incontestável, mas como uma entre as possíveis que poderiam ter sido propostas com os dados que coletamos. Nossas interpretações sobre os dados são necessariamente influenciadas por nossos pares, com os quais convivemos e compartilhamos ideias, por nossa própria experiência em pesquisa e, naturalmente, pelos referenciais teórico-metodológicos que adotamos, além das escolhas de ordem teórica ou metodológica que tiveram de ser feitas durante o desenvolvimento do trabalho.

Nesta seção vamos apontar os caminhos metodológicos que seguimos. Sobre o método utilizado, nos inspiramos em Vygotsky, que defendia que o método não é necessariamente estabelecido a priori. Ele pode ser construído de forma recursiva, tanto quanto o é a construção dos dados. Antes de apresentar os procedimentos implementados para a análise dos dados, vamos apresentar o contexto da pesquisa e mostrar a estratégia de construção dos dados, fazendo a ressalva de que a ordem das seções neste capítulo, especialmente as seções que tratam da estratégia de análise, não corresponde a uma cronologia preestabelecida, mas à necessária organização do texto.

Consideramos oportuno destacar que o contexto de pesquisa – os ambientes de aprendizagem colaborativa – não foram criados para sua realização, mas faz parte de uma cultura de ensino de Física que vem sendo construída pela equipe coordenada de professores de Física, da segunda série do COLTEC, há pelo menos seis anos. No nosso ponto de vista, este fato agrega validade ecológica à pesquisa, uma vez que os estudantes não estão deixando seu microsistema e migrando temporariamente para um “laboratório”. Ainda que reconheçamos a influência de outros sistemas sobre o microsistema investigado – a sala de aula – isso não inviabiliza a pesquisa, desde que prestemos atenção a comportamentos que podem ser manifestações dessas influências no domínio microgenético (ALVES, 1997). Isso significa que os ambientes de aprendizagem e as atividades desenvolvidas na turma são estáveis, no sentido de que pequenas e raras modificações que foram introduzidas pela equipe coordenada nos últimos anos, teriam sido incorporadas às atividades usadas pelas turmas, independentemente da realização da pesquisa.

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

O objetivo desta seção é colocar o leitor a par do contexto da pesquisa. Trata-se de um contexto bastante diferenciado em relação às orientações de um sistema de ensino tradicional. O simples fato da escola pertencer à Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, torna o contexto da pesquisa bastante peculiar. Veremos que, neste contexto, o ensino de Física também é diferenciado.

3.1.1. A escola e a turma

A pesquisa foi conduzida no 2º trimestre letivo de 2015, no COLTEC/UFMG, uma escola da Rede Federal de Ensino Técnico e Tecnológico, em Belo Horizonte, MG, em uma turma da segunda série do curso técnico de Automação Industrial. A escolha de uma turma deste curso se deu por duas razões: primeiro, nesses cursos os estudantes têm aulas de laboratório de Física, enquanto os cursos de Análises Clínicas e Química não têm. Em segundo lugar, porque o orientador dessa pesquisa é também professor da segunda série e nós decidimos evitar essa sobreposição.

Como em toda escola técnica, o currículo escolar é distribuído em uma grade extensa, com cerca de 33 aulas semanais. Nesse contexto, as aulas de Física para o curso de Automação Industrial são distribuídas em dez horas-aula, sendo cinco na primeira série e cinco na segunda série. Os estudantes não têm aula de Física na terceira série.

A turma voluntária era composta de 30 estudantes (23 rapazes e 7 moças), sendo que apenas um deles não aceitou participar da pesquisa, fato levado em consideração nos procedimentos éticos com relação à gravação de imagens e de áudio. Eles tinham três horas-aula de Física realizadas em classe, e duas horas-aula no laboratório, totalizando as 5 horas-aula previstas no currículo. A maioria das aulas podem ser caracterizadas como atividades colaborativas; as aulas de classe são circunscritas pelos tutoriais e as atividades de laboratório são conduzidas com roteiros semiestruturados. Os roteiros de laboratório também são atividades que demandam colaboração e engajamento cognitivo. Em quase todos os momentos os estudantes estão organizados em seus grupos, exceção apenas quando se

aplicam testes ou se faz uso dos *plickers*¹⁰ como instrumento de aprendizagem por pares.

Estas atividades vêm sendo desenvolvidas com as turmas da segunda série desde 2010, ou seja, não foram planejadas especificamente para a realização da pesquisa. Algumas adaptações foram discutidas pela equipe de coordenação, sendo consideradas naturais do processo pedagógico, como por exemplo, lista de exercícios e problemas, avaliações e alguns recursos didáticos, ligeiramente adaptados conforme demandas da equipe, mas nenhuma delas sob demanda do pesquisador ou do orientador. Por esse motivo, mesmo os estudantes recém-chegados à segunda série já sabem, de antemão, o tipo de abordagem pedagógica que terão pela frente durante o ano letivo, pois já estão inseridas na cultura escolar.

A decisão de desenvolver a pesquisa nessa escola levou em consideração o compromisso do setor de Física, especialmente da equipe de professores da segunda série, com o desenvolvimento de atividades em ambientes de aprendizagem colaborativa, que estimulam a autonomia e demandam colaboração e engajamento cognitivo¹¹. Esse aspecto atende às demandas teóricas e metodológicas para o desenvolvimento do estudo, indo ao encontro do nosso problema de pesquisa, que se constitui na investigação de como estudantes constroem o conhecimento científico escolar em ambientes de aprendizagem colaborativa.

3.1.2. O currículo do curso de Física

A estrutura curricular do curso de Física para a primeira série é comum a todos os cursos. As turmas são mistas, contendo estudantes de dois ou mais cursos diferentes. A carga horária dos estudantes é de cinco horas-aula semanais. Três dessas aulas são ministradas em classe e duas em laboratório. Nas aulas de laboratório, os estudantes são divididos em duas subturmas. Não há aulas de Física na terceira série.

Na segunda série, as turmas ainda podem ser constituídas com estudantes de cursos afins; uma turma pode reunir estudantes dos cursos de Automação Industrial, Eletrônica e Informática. Há ainda uma turma de Análises Clínicas e uma turma de Química. A turma onde

10 O *plicker* é um aplicativo que permite ao professor aplicar um “teste” com questões de V ou F, ou de múltipla escolha, com a vantagem de que as respostas são computadas e mostradas em tempo real. Disponível em <https://www.plickers.com/>.

11 Evidentemente, o fato de fazer a pesquisa na própria escola na qual exerço minha atividade como professor é um aspecto facilitador que não pode ser negado. No entanto, não conhecemos outra escola na qual os estudantes trabalham em ambientes de atividade colaborativa em todas as atividades de aprendizagem.

os dados foram coletados era composta unicamente de estudantes do curso de Automação Industrial. Essa característica não foi critério de escolha, conforme razões apresentadas anteriormente. Para as turmas desse eixo – Automação Industrial, Eletrônica e Informática – há uma carga horária também de cinco horas-aula semanais, divididas da mesma maneira como ocorre para a primeira série, com três aulas de classe e duas de laboratório. As turmas de Química e de Análises Clínicas têm quatro horas-aula semanais e não têm aulas no laboratório.

Quadro 3.1: Tópicos abordados nos cursos de Física.

		Primeira série	Segunda série
Trimestres	1°	<ul style="list-style-type: none"> Introdução a circuitos elétricos. 	<ul style="list-style-type: none"> Dinâmica newtoniana (ênfase na elaboração de diagramas de corpo livre); Hidrostática.
	2°	<ul style="list-style-type: none"> Modelos atômicos e processos de emissão de luz; Introdução à mecânica newtoniana; Transformações e transferências de energia mecânica; 	<ul style="list-style-type: none"> Fenômenos eletrostáticos; Força elétrica e campo elétrico; Interações magnéticas com ímãs; Campo magnético e força magnética; Indução; Lei de Lenz; Motor e gerador elétrico.
	3°	<ul style="list-style-type: none"> Transformações e transferências de energia mecânica; Introdução à física térmica; Introdução à ondulatória. 	<ul style="list-style-type: none"> Transformações gasosas e lei dos gases ideais; Os três princípios da termodinâmica; Entropia.

A organização curricular dos cursos de Física, tanto da primeira série quanto da segunda, não acompanha a estrutura comum, normalmente proposta nos livros didáticos e seguida por muitas escolas. O quadro 3.1 mostra os tópicos de cada série, em cada trimestre. Observa-se que os conteúdos da primeira série vão além da mecânica. Isso ocorre, em parte, em função da demanda dos cursos técnicos. Na segunda série os estudantes aprofundam algumas questões relacionadas à mecânica e também lidam com novos conteúdos.

3.1.3. As aulas de Física para a segunda série

A turma escolhida para esta pesquisa foi da segunda série do curso técnico de Automação Industrial, contando com 30 estudantes. Quase todas as aulas de classe foram circunscritas pelos tutoriais. As aulas de laboratório foram desenhadas com roteiros

semiestruturados desenvolvidos pelos professores do setor de Física, sendo que alguns desses roteiros também se baseavam nos tutoriais.

As aulas de Física eram quase sempre ministradas com os estudantes organizados em oito grupos, sendo seis grupos de quatro estudantes e dois grupos de três estudantes. A composição dos grupos fora definida pelos próprios estudantes no início do ano letivo, obedecendo a alguns critérios estabelecidos pelo professor: (1) para estimular estudantes que apresentaram alguma dificuldade com a disciplina na primeira série, aqueles que foram aprovados com a menor nota na primeira série foram indicados como líderes dos grupos; (2) para garantir um mínimo de diversidade de gênero, não poderia haver grupos com mais de duas meninas; (3) para evitar uma eventual repetição de grupos da primeira série, os estudantes de um grupo não poderiam ter sido todos estudantes do mesmo professor no ano anterior. Evidentemente estes critérios eram flexibilizados em função de eventuais dificuldades de agrupamento, mas garantiam uma heterogeneidade desejável. Os estudantes dessa turma apresentavam bom engajamento comportamental. Naturalmente, observamos muitos momentos de descontração entre eles, o que implicava em algum nível de dispersão, mas dentro dos limites naturais do comportamento adolescente.

O professor tinha o costume de chegar alguns minutos antes dos estudantes. Ele anotava, à esquerda, no quadro-negro, os tópicos daquela aula, registrando quanto tempo seria dedicado a cada passagem da atividade. Essa preocupação com o tempo não significava rigidez, mas uma meta de orientação, tanto para ele quanto para os estudantes. Na maioria das vezes, antes que os estudantes chegassem, ele preparava o equipamento de projeção ou a montagem experimental para demonstração, quando era o caso.

O desenvolvimento das atividades era marcado por três modos de abordagem: o *feedback*, a preleção e a plenária. No início das aulas, havia uma seção de *feedback* e/ou uma preleção. O *feedback* era muito utilizado nas aulas de laboratório, momentos em que o professor fazia os comentários sobre a correção do relatório da última atividade. Era também usado nas aulas de classe para comentar alguma tarefa extraclasse, que muitas vezes era enviada por *e-mail*. A preleção era um momento de chamar a atenção para conceitos importantes que seriam necessários para a compreensão da atividade do dia, tanto nas aulas de laboratório quanto de classe. No laboratório, ela atendia também à necessidade de descrever os equipamentos que seriam utilizados nas atividades e os cuidados necessários à sua conservação. Por fim, a plenária era utilizada quando o professor percebia que os grupos, em

geral, tinham encontrado uma aparente dificuldade em algum ponto específico da atividade. Às vezes, a demanda era provocada pelos próprios estudantes, quando começavam a requisitar a presença do professor. Nesses momentos, o professor estimulava os estudantes a socializar suas dúvidas, antes que ele mesmo fizesse os esclarecimentos demandados.

Além das abordagens com os tutoriais, em que as aulas eram desenvolvidas com os estudantes organizados em grupo, a exceção eram as seções mediadas por algumas seções de *plickers*. Seções de *plickers* são usadas para estimular a discussão das questões entre os estudantes (aprendizagem por pares) com o uso de argumentação, antes da intervenção do professor. Para implementar o uso do aplicativo, o professor utiliza um projetor onde são mostrados os percentuais de cada uma das opções de resposta sem mostrar aquela considerada conceitualmente aceita. Quando há um equilíbrio entre duas ou mais opções, ele pede aos estudantes que divergiram para tentar convencer o outro de que sua resposta é a correta. Esta atividade dá ao estudante a percepção de suas dificuldades individuais e dá ao professor uma radiografia instantânea do desenvolvimento da turma.

O uso dos tutoriais é uma decisão da coordenação de Física da segunda série, baseada no princípio do uso de material didático desenvolvido com base na Pesquisa em Ensino de Física. Estas pesquisas indicam que os tutoriais têm apresentado bons resultados na aprendizagem conceitual de Física, em contextos educacionais de cursos de graduação (FINKELSTEIN; POLLOCK, 2005; MESTRE, 2012; SLEZAK et al., 2011; VOKOS et al., 2000), ou no Ensino Médio (BENEGAS, 2007). No Ensino Médio, Faria (2016) investigou o desenvolvimento de estratégias gerais de raciocínio. Os próprios tutoriais são também desenvolvidos com base em resultados de pesquisa na área. Uma das principais estratégias pedagógicas que justificam o uso dos tutoriais é a manutenção dos estudantes em estado de “desconforto produtivo”, o qual cria as condições para que os estudantes tentem compreender as situações ou fenômenos enfrentados a partir das suas próprias ações “através de estímulos para o pensamento e a reflexão” (VAZ; JULIO; FARIA, 2013).

Para o desenvolvimento das atividades, dependendo dos objetivos e do tópico estudado, num primeiro momento, os estudantes trabalham com os significados dos conceitos/artefatos construídos até o momento. Eles também podem decidir por consultar seus cadernos, livros-texto, atividades anteriores, ou a internet. Após um tempo determinado, o professor intervém e promove uma plenária, sintetizando e socializando as ideias que circularam nos grupos e, oportunamente, pode introduzir uma nova questão instigante.

Assim, as aulas de Física, que constituem o contexto da pesquisa, são ancoradas em ambientes de aprendizagem colaborativa, circunscritas, de um lado pelos tutoriais – nas aulas de classe, e de outro, pelos roteiros semiestruturados – nas aulas de laboratório. Na abordagem dos tópicos ensinados, professores e estudantes utilizam ainda alguns aplicativos de computador, com simulações virtuais a eles relacionadas. Estes recursos são usados pelos estudantes nas atividades de laboratório; os professores os utilizam nas atividades de classe, nos momentos de discussão com a turma nas preleções ou nas plenárias.

3.1.4. O pesquisador no contexto da investigação

Sou professor de Física há 20 anos. Sempre lecionei no Ensino Médio, passando uma pequena temporada nas redes públicas estadual e municipal e a maior parte do tempo na rede privada de ensino. Concluí o mestrado em 2003, investigando a sala de aula de Física. Regressei ao ambiente acadêmico em 2010 como professor de cargo efetivo no Colégio Técnico da UFMG, onde estive conduzindo, sob orientação, esta pesquisa. A volta a uma instituição federal de ensino me proporcionou também o retorno ao ambiente de pesquisa. Lecionei, nesta instituição a disciplina de Física para a primeira série dos cursos técnicos de 2010 a 2012. Em 2013, me encarreguei das aulas de duas turmas da segunda série, me mantendo como professor dessa série até hoje.

Minha atração pelos problemas relacionados ao ensino e à aprendizagem se iniciou ainda na graduação, quando elaborei um trabalho de conclusão de curso sobre o conceito de energia no contexto de ensino da fotossíntese. A interdisciplinaridade no ensino sempre me chamou a atenção. Este trabalho foi orientado pela professora Carmem Maria de Caro Martins e uma versão dele foi publicada em um congresso de ensino de Biologia (SBENBIO). Ao terminar a graduação, ingressei no curso de especialização em Ensino de Ciências do CECIMIG (FAE-UFMG), terminando-o em 1999, mesma ocasião em que comecei o Mestrado.

O trabalho no Mestrado, cuja dissertação defendi em 2003, teve como objeto a evolução dos princípios que estruturam o conceito de energia, com a investigação dos modelos mentais dos estudantes acerca do conceito. Neste trabalho, realizado com gravações em sala de aula e entrevistas com os estudantes após as aulas, eu já manifestava meu interesse

pela investigação dos problemas da aprendizagem e do desenvolvimento de conceitos.

Ao retornar à vida acadêmica, após sete anos, procurei conhecer os novos referenciais teóricos adotados por pesquisadores em Educação. Um dos caminhos para fazê-lo foi me juntar aos grupos de discussão que os colegas do setor de Física organizavam. O outro foi me matricular em disciplinas isoladas, oferecidas pelo programa de pós-graduação da FAE-UFMG. Assim, gradativamente, me reinseri na vida acadêmica. Reassumi a condição de pesquisador em 2014, quando ingressei oficialmente no programa de pós-graduação da Faculdade de Educação para o doutorado.

Como pesquisador, também era professor da disciplina e trabalhava com os mesmos materiais das outras turmas, conduzidas pelos meus pares. Assim, enquanto realizava a observação de campo e o registro dos dados, participei normalmente das reuniões de coordenação da segunda série. As observações, os registros e a análise dos dados foram feitos de uma posição privilegiada, uma vez que eu conhecia muito bem os materiais que eram utilizados no desenvolvimento das tarefas, cujo tópico era o eletromagnetismo (conforme quadro 3.1, pág. 86).

3.1.5. Cuidados éticos

Antes de começar fazer as observações em campo, me dirigi à sala de aula, para apresentar o projeto de pesquisa à turma. Acompanhado pelo professor responsável pela turma, pedi a contribuição voluntária dos estudantes à pesquisa. Informei-os de que o projeto de pesquisa foi aprovado¹² pelo Comitê de Ética na Pesquisa da UFMG e falei a eles sobre as atividades de pesquisador no âmbito da carreira dos professores de uma instituição federal de ensino, o tipo de estudo que estávamos propondo realizar, a contribuição que os resultados dessa pesquisa poderia dar para o ensino de Física, não só na própria escola, mas também em outras escolas com acesso aos resultados. Expliquei aos estudantes qual seria o papel dos participantes voluntários, deixando claro que não haveria qualquer tipo de retaliação contra aqueles que não quisessem participar. Explicitiei que o professor da turma, que estava presente naquele momento, não teria acesso aos registros gravados enquanto fosse professor da turma.

12 O projeto de pesquisa foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) sob o nº CAAE: 39941014.4.0000.5149 e aprovado pelo parecer nº 1.004.552, relatado e assinado pelo parecerista em 20/03/2015.

Em seguida, apresentei aos estudantes o objetivo da pesquisa e o que ela poderia trazer de informação relevante acerca do ensino de Física. Também informei a eles a quais riscos os participantes poderiam vir a ser submetidos, e quais os benefícios que poderiam decorrer da sua participação voluntária durante os trabalhos de investigação.

Após essa preleção, entreguei a cada um dos estudantes dois documentos cujo teor era praticamente o mesmo, mudando a redação de acordo com o destinatário do texto. O primeiro era um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, dirigido ao estudante menor de idade, e o segundo, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, dirigido aos pais ou responsáveis (Apêndice M, pág. 268). Solicitei a um dos estudantes que lesse para a turma, em voz alta, o termo de assentimento. Respondi às perguntas que eles fizeram e me coloquei à disposição para quaisquer esclarecimentos. Expliquei a eles que o anonimato de todos os voluntários estava garantido, por meio de nomes fictícios dados aos participantes. Também omitimos a identificação usualmente utilizada para os grupos, nomeando-os de maneira aleatória. Ao final da apresentação, vários estudantes me entregaram o termo de assentimento assinado.

Dos 30 estudantes convidados, apenas um decidiu não participar da pesquisa. Todos os demais apresentaram os termos de assentimento e de consentimento em tempo hábil, para que pudéssemos iniciar os registros em áudio e vídeo. Até que todos os estudantes entregassem os termos, minha presença em sala de aula era apenas como observador, período que serviu para que os estudantes se acostumassem com a minha presença e eu pudesse também conhecer a dinâmica de trabalho do professor. Neste período não houve registros gravados em áudio ou vídeo. A coleta de dados começou cerca de duas semanas antes que o professor começasse o tópico de nosso interesse – o eletromagnetismo.

Apesar de apenas um estudante não participar da pesquisa, quatro estudantes ficaram de fora, uma vez que eu não podia filmar um dos grupos, mas esse fato não prejudicou os trabalhos. Com apenas um grupo de fora, o posicionamento das duas câmeras não foi difícil. Nas aulas, os estudantes se organizavam em grupos de três ou quatro integrantes. Ao todo, eram 9 grupos. O posicionamento dos grupos na sala foi definido pelo professor, no início do ano, bem antes do início das gravações e não foi alterado em função da pesquisa.

Inicialmente apontamos cada câmera para um setor da sala cobrindo três ou quatro grupos. Entretanto, por razões metodológicas, passamos a focar as câmeras em dois grupos apenas, mas tomando o cuidado de não descartar as interações do grupo de interesse com os

colegas de grupos adjacentes (se julgar necessário, as ilustrações 3.2, pág. 102 e 3.1, pág. 101, mostram a disposição dos grupos nas aulas de classe e no laboratório). Para garantir acesso a essa informação, caso fosse necessário, mantivemos gravadores em todos os grupos, exceto o grupo *G*, do qual fazia parte o único estudante que não quis participar da pesquisa. Por esse motivo, a disposição das câmeras foi feita de tal forma que o grupo *G* não fosse gravado, ou que garantisse que o estudante que não participou da pesquisa não aparecesse nas imagens, a não ser quando se levantava para sair da sala ou se dirigir a um colega de outro grupo.

Como pesquisador de campo, sempre me posicionava no fundo da sala. Desse ponto, não podia ouvir com clareza as conversas nas mesas, mas tomava notas do comportamento dos estudantes, fato relevante quando tomamos a decisão de restringir as observações a dois grupos. Cabe ressaltar ainda que, no início, os estudantes se dirigiam ao pesquisador para perguntar aspectos específicos da atividade, mas eram orientados a procurar o professor, justificando que o pesquisador não podia interferir na aula. Depois de algum tempo eles não mais se dirigiram ao pesquisador.

3.2. VISÃO GERAL DA ESTRUTURA DA PESQUISA

Nas subseções que seguem, vamos apresentar as articulações que nos obrigamos a construir em torno do problema de pesquisa, de caráter mais geral, enquanto nosso objetivo, mais específico, era realizar a investigação no domínio microgenético das relações intersubjetivas. Mostraremos, também, como a unidade de análise – a redescritção representacional – está presente em cada uma das questões elaboradas para enfrentar o problema proposto.

3.2.1. O problema de pesquisa

Enquanto pesquisadores, compartilhamos a convicção de que o contexto da aprendizagem deve encorajar o protagonismo dos estudantes. Naturalmente, como participamos da coordenação da equipe de Física, da segunda série do COLTEC, esta convicção é também um dos pilares que orientam nossas ações como professores. As condições de interlocução entre os sujeitos da pesquisa – estudantes em seus grupos de

trabalho – favorecem nosso interesse nos processos de aprendizagem conceitual. Nos ambientes de aprendizagem circunscritos pelos tutoriais, ou nas aulas de laboratório, muitas vezes éramos surpreendidos pelos diferentes caminhos encontrados pelos estudantes para solucionar alguns problemas, ou ainda levantar alguns questionamentos conceituais perspicazes.

Ainda que esse tipo de ocorrência não seja exclusivo de ambientes de aprendizagem colaborativa, podendo ser constatado também em aulas tradicionais dialogadas, nestas últimas eles são observados com muito menor frequência, principalmente porque os estudantes, em princípio, somente dialogam com os professores, tendo poucas oportunidades de manifestar suas dúvidas com colegas. Em segundo lugar, os estudantes habituados a trabalhar em colaboração, ficam mais à vontade para fazer perguntas aos próprios colegas do que se expor diante de uma turma inteira.

A valorização de práticas educativas nas quais os estudantes passam a assumir o protagonismo vem sendo defendida desde o final dos anos 80, quando a área de pesquisa em ensino de Ciências e o próprio ensino de Ciências passaram por uma mudança importante quanto ao seu futuro. Para um grupo bastante significativo de pesquisadores, tornava-se necessária uma mudança de perspectiva epistemológica a respeito da aprendizagem, que indicava um caminho sem volta na valorização de aspectos socioculturais presentes no contexto das aulas de Ciências. Uma das críticas consideradas mais contundentes, um marco nessa questão, foi levantada por Rosalind Driver e Paul Newton na *ESERA Conference*, em 1997. Eles defendiam uma mudança de rumo na educação científica que, segundo eles, vinha sendo sustentada por uma “visão positivista” da Ciência. Esses pesquisadores defendiam a necessidade de promover um ensino de Ciências voltado para práticas de ensino fundamentadas na ideia de um conhecimento científico socialmente construído, baseado na construção de argumentação, na comunicação de resultados e no convencimento pela persuasão do outro, como são as práticas sociais dos cientistas (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Paralelamente a essa demanda por mudança, que nasce com esses movimentos, começaram a ocorrer em vários países propostas de reformas educacionais que preconizavam mudanças urgentes no planejamento pedagógico e no currículo do ensino de Ciências. Assim, surgiram nos EUA e no Reino Unido, respectivamente, projetos como os NSES (*National Science Education Standards*) e o *Nuffield Science Project*. No Brasil, essa proposta se

configurou nos PCN's, em 1996. Tais reformas, baseadas no Relatório da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI, da UNESCO, foram severamente criticadas por vários setores educacionais no Brasil por reproduzirem diretrizes político-econômicas dominantes (conforme KRAWCZYK; CAMPOS; HADDAD, 2000). No entanto, estas reformas também apontavam uma desejada mudança no ensino de Ciências, enfatizando o desenvolvimento de habilidades e competências dos estudantes.

Assim, o desenvolvimento de habilidades e competências passou a fazer parte da pauta de orientações pedagógicas no ensino de Ciências, o que favorecia propostas de intervenção voltadas para um ensino em que os estudantes fossem orientados a “conduzir”, sob supervisão, uma investigação científica. Nesse cenário, esperava-se que os estudantes pudessem estar mais próximos de compreender a natureza da Ciência. O foco no ensino mudava de uma perspectiva em que se perguntava: “O que queremos que os alunos conheçam e o que eles precisam fazer para conhecê-lo”, para uma estratégia curricular que perguntava: “O que queremos que os alunos sejam capazes de fazer e o que eles precisam saber para fazê-lo” (DUSCHL, 2000, 2008; GRANDY; DUSCHL, 2007).

As orientações desses programas para implementar as mudanças no ensino e na pesquisa em ensino de Ciências, estão presentes de forma marcante ainda hoje em diretrizes pedagógicas como o ensino por investigação, as abordagens CTSA, o uso dos TIC's, ou ainda, os próprios tutoriais, que adaptados para o Ensino Médio, oferecem as condições para que sejam atendidas as demandas por um ensino preocupado em promover o protagonismo dos estudantes diante do desafio de aprender Ciências.

Nas situações vividas como professor de turmas da segunda série, comecei a perceber a riqueza das discussões estimuladas pelo uso dos tutoriais nas aulas de classe, quando os estudantes se deparavam com resultados contraditórios ou imprevistos, vindos de demonstrações experimentais, ou de novas questões que os faziam questionar suas próprias concepções, tirando-os da zona de conforto. O mesmo tipo de situação podia ser verificado nas aulas de laboratório, quando manipulavam equipamentos como bússolas, ímãs e outros materiais, além de gráficos gerados por aplicativos específicos.

As características desses contextos promoviam as condições para que os estudantes passassem de uma postura passiva para a de protagonismo. Tais características nos chamaram a atenção quanto à possibilidade de proceder uma investigação, no domínio microgenético, de

eventuais estratégias cognitivas que pudessem indicar como estudantes constroem o conhecimento científico escolar em ambientes de aprendizagem colaborativa. Este se tornou nosso problema de pesquisa, considerando o ponto de vista epistemológico.

Entretanto, isso nos colocou diante de uma dificuldade metodológica que remete ao critério de validade ecológica da pesquisa (Bronfenbrenner, apud ALVES, 1997; COLE, 1996a, p. 226); é preciso abordar os detalhes dos processos da construção de conhecimento, minimizando eventuais alterações nas condições dadas nos ambientes de aprendizagem colaborativa, procurando preservar a ecologia desse microsistema. Além disso, julgamos que apenas a observação direta das ações dos estudantes nesse contexto não seria suficiente para nos aproximar dos detalhes dos processos. Presenciamos, como observadores, uma diversidade de falas e ações dos estudantes, em eventos simultâneos de interesse potencial para a pesquisa. Esse cenário constituiu-se em um desafio metodológico para a abordagem do problema de pesquisa.

Com o problema de pesquisa definido do ponto de vista epistemológico, e o reconhecimento das imposições de caráter metodológico que seriam enfrentadas, era preciso delimitar o objeto de pesquisa para o qual dirigiríamos nossos esforços de investigação. Esse objeto não foi definido a priori, como mostraremos a seguir.

3.2.2. O objeto de pesquisa

Quando ainda estávamos empenhados em propor o projeto de pesquisa, a primeira dificuldade que encontramos foi a definição do objeto de pesquisa. Sabíamos que estávamos tratando de vários tipos de interação que ocorrem nas salas de aula em geral e de Ciências em particular, como por exemplo, os discursos dialógicos, as interações entre pares, as interações professor-aluno e as interações que ocorrem entre sujeitos e artefatos culturais presentes no contexto.

Muitas pesquisas realizadas com esses objetos de estudo, e também muitas estratégias de ensino-aprendizagem, utilizadas em diversos ambientes de aprendizagem, estão fundamentadas em pressupostos da psicologia russa, principalmente nas concepções de Vygotsky acerca do desenvolvimento psicológico e da aprendizagem. Uma questão central nessas pesquisas e estratégias de ensino tem sido a concepção de que toda atividade cultural

humana é mediada por signos.

Estando eu fortemente influenciado por estes pressupostos, comecei a prestar maior atenção na participação ativa dos estudantes nas tarefas orientadas pelos tutoriais, percebendo muitos momentos de ricas discussões travadas no contexto das aulas de eletromagnetismo, mediadas por artefatos culturais específicos deste contexto.

Foi somente com o andamento da pesquisa que reconhecemos que todas essas interações ocorriam em situações tipicamente sociogenéticas, conforme defendido por Tomasello (2003), nas quais ocorre uma intensa negociação de significados entre os sujeitos com objetivo de resolver um dado problema pelo uso de um artefato cultural disponível, ou pela proposição de inclusão de artefatos culturais secundários, adaptados para a situação específica. Assim, nosso objeto de pesquisa ficou claro: as negociações de sentido e de significado nas relações sociogenéticas, mediadas por artefatos culturais. Estes artefatos fazem parte do sistema simbólico em estudo pelos estudantes e são disponibilizados nos ambientes de aprendizagem colaborativa que compõem o contexto da pesquisa.

Faltava-nos, ainda, reformular as questões de pesquisa para o enfrentamento do problema. A condução das primeiras análises, em segundo nível, começou a alimentar a ideia de que algumas estratégias de objetivação cultural, instanciadas para a socialização do conhecimento, associadas ao processo de redescrição representacional, poderiam ser entendidas, descritas e categorizadas como mecanismos de cognição compartilhada. A partir desse momento, as questões de pesquisa puderam ser reformuladas.

3.2.3. Questões da pesquisa

No desenvolvimento dos referenciais teóricos, no capítulo 2, defendemos que processos de redescrição representacional apresentam elevado potencial para identificar episódios de negociação de significados no domínio microgenético. Os processos de redescrição representacional emergem nas interações dialógicas entre pares ou entre estudantes e professor. Nesses processos se reelaboram explicações para os fenômenos observados, com novas interpretações para problemas enfrentados e ressignificação dos artefatos culturais utilizados.

A importância que temos atribuído aos eventos microgenéticos no contexto das

atividades conduzidas em ambientes de aprendizagem colaborativa é respaldada e justificada por Meira (1994, p. 60) com base em Vygotsky:

Para Vygotsky, o domínio microgenético de desenvolvimento cognitivo está relacionado à formação de processos psicológicos no curso de alguns minutos ou segundos. Wertsch (1985) relaciona este domínio a “estudos longitudinais de curto prazo”, e comenta que Vygotsky “observou que, ao ignorar esta forma de transição genética, estudos experimentais e de aprendizagem frequentemente falham no aproveitamento daquilo que podem ser seus dados mais interessantes” (p. 55). Vygotsky argumenta, entretanto, que a abordagem microgenética deve associar-se à análise do macrocontexto sociocultural de desenvolvimento, a fim de que possamos identificar o significado das ações e processos mentais humanos.

Conforme apresentamos na [seção 2.1.1](#), os sistemas simbólicos da Física são constituídos por artefatos com finalidades muito bem definidas, com significados bastante estáveis. A apropriação dos significados desses artefatos passa pela compreensão dos objetivos pelos quais eles foram criados enquanto são colocados em uso. Por outro lado, o uso de certos artefatos culturais do sistema simbólico da Física, pelos estudantes, nas atividades escolares, apresenta sentidos bastante instáveis em relação ao significado estável com que é usado por especialistas. Assim, as questões de pesquisa que formulamos para enfrentar o problema apresentado devem se adequar aos contextos nos quais estes artefatos são usados, incluindo interpretações idiossincráticas, as quais são indicativas da trajetória ontogenética dos sujeitos da pesquisa.

Para manter o foco no problema de pesquisa, as questões formuladas devem se voltar para processos fundamentais comuns às relações intersubjetivas. Portanto, no sentido metodológico, a unidade de análise é o principal artefato cultural utilizado pelos pesquisadores como mediador da construção e avaliação de suas inferências acerca daqueles processos. Algumas características associadas a esses processos se originaram nos referenciais teóricos que temos estudado e que observamos em alguns eventos microgenéticos prototípicos; portanto, se constituem a partir de olhares guiados pela teoria. Outras características emergiram do processo de análise dos dados; para clareza metodológica, durante o desenvolvimento da análise de segundo nível, essas características foram transformadas em categorias de análise e serão apresentadas na [seção 4.3](#).

Para a construção dessas categorias nos prendemos a três orientações básicas: (1) identificação de um evento de inflexão, caracterizado por meio de indicadores apropriados; (2) identificação de situações em que o uso da habilidade cognitiva da redescritção representacional estava associada ao evento de inflexão; e (3) identificação de uma série de

episódios de interesse nos quais um mesmo artefato cultural medeia as atribuições de sentido e negociações de significado. Estas orientações se baseiam nos cinco pontos que propusemos para a condução de uma análise microgenética, sustentados na teoria sociocultural (seção 2.2.6).

Tomando esses cuidados básicos, formulamos as seguintes questões para abordar o problema de pesquisa, levando em consideração o objeto de pesquisa:

- (1) Que tipo de estímulos, indicadores de eventos de inflexão, podem ser reconhecidos como catalisadores de processos de redescrição representacional?
- (2) Que mecanismos de cognição compartilhada estão presentes na socialização de sentidos atribuídos a conceitos/artefatos culturais?
- (3) Que comportamentos sociais-culturais, observados nos episódios de sociogênese, podem ser destacados como facilitadores ou inibidores da apropriação de conceitos/artefatos culturais?
- (4) Que fatores, observados nas atividades de aprendizagem colaborativa, indicam que o protagonismo dos estudantes favoreça processos de aprendizagem conceitual?

Essas questões serão respondidas por meio de aproximações sucessivas aos dados – primeiro, segundo e terceiro níveis – conforme mostraremos na seção 3.4.

A primeira questão se refere a situações previstas na abordagem microgenética. Ela se relaciona à condição inicial de um episódio de interesse, um evento de inflexão em situações de sociogênese. Este marca o momento em que um dos sujeitos da pesquisa recebe um estímulo, deixa a zona de conforto e passa a agir como protagonista, utilizando recursos cognitivos para contribuir na construção social do conhecimento. Uma questão secundária, que ajuda a dirigir a atenção dos pesquisadores, diz respeito à conduta dos sujeitos observados diante do estímulo vindo do meio: que tipo de conduta, atribuída aos sujeitos envolvidos em sociogênese (estudantes ou professor), caracteriza um evento de inflexão?

Os indicadores de eventos de inflexão são estímulos que surgem quase espontaneamente e disparam estados de atenção conjunta entre os sujeitos de um grupo. Para ser reconhecido como evento de inflexão, deve-se observar uma ruptura no fluxo da atividade, mas que, ao mesmo tempo, ofereça um outro caminho de continuidade ao processo de significação em curso. Por esse motivo dizemos que eles são catalisadores de processos de redescrição representacional, os quais podem emergir pela ação do próprio sujeito que introduziu o estímulo, ou pela reação dos outros sujeitos envolvidos na atividade, incluindo o professor.

Tanto as atividades circunscritas pelos tutoriais quanto as atividades de laboratório se mostraram propícias à emergência de eventos de inflexão e, conseqüentemente, de processos de redescrição representacional, pois são elaborados com a perspectiva de estimular atitudes favoráveis ao desejado protagonismo. Apresentamos, na [seção 2.1.4](#), argumentos teóricos que consideramos suficientes para sustentar nossa alegação de que atividades conduzidas em ambientes de aprendizagem colaborativa promovem o protagonismo dos estudantes. Nossa expectativa era a de que encontrássemos evidências empíricas para que esse protagonismo se confirmasse como uma condição da socialização do conhecimento.

A segunda questão constitui-se como instrumento de aproximação aos detalhes das interações que ocorrem nas relações intersubjetivas. Ou seja, esta questão procura respostas mais refinadas ao problema de pesquisa, no domínio microgenético da sociogênese. Conforme Tomasello (2003), a sociogênese ocorre sempre que duas ou mais pessoas se reúnem para resolver um problema. Nesse sentido, a organização das atividades de laboratório e das atividades mediadas pelos tutoriais propiciarão as condições necessárias para que os processos de redescrição representacional, em situações de sociogênese, sejam objetivados. Embora reconheçamos que o processo de redescrição representacional ocorra internamente, defendemos a proposta de Tomasello de que o estímulo para sua ativação vem do meio social-cultural. Portanto, a ocorrência dos processos de redescrição representacional é identificada por inferência, nos momentos em que os sujeitos da pesquisa objetivam suas ideias. Esses processos se materializam nos mecanismos de cognição compartilhada.

No contexto desta pesquisa, os mecanismos de cognição compartilhada, subjacentes aos processos de redescrição representacional, são procurados em três episódios sequenciais, episódios estes relacionados pelo mesmo artefato cultural que medeia as ações metadirigidas dos sujeitos envolvidos. A decisão de identificar episódios nos quais as ações metadirigidas ocorrem pelo uso de um mesmo artefato cultural teve duas razões metodológicas. A primeira diz respeito à necessidade de redução dos dados, uma vez que um mesmo artefato cultural aparece em um número menor de episódios. A segunda razão diz respeito à possibilidade de responder à terceira e quarta questões, pois, acompanhando o uso do mesmo artefato cultural, poderíamos responder se houve alguma evidência da apropriação de significados mais estáveis dos conceitos envolvidos, em função das condições dadas pelo ambiente de aprendizagem colaborativa, em especial em associação com os mecanismos de cognição compartilhada.

Assim, a terceira e quarta questões implicam um terceiro nível de aproximação ao problema, uma vez que se pretende levar em conta, na análise, se há mecanismos ou comportamentos específicos que nos ajudem a compreender como os significados evoluem com a negociação de sentidos na sociogênese. A terceira questão ainda prevê, portanto, a eventual identificação de comportamentos que possam inibir ou facilitar a evolução dos sentidos atribuídos a certos conceitos/artefatos culturais. Naturalmente, as mesmas evidências apontadas para responder a terceira questão podem ser utilizados para responder à quarta questão de pesquisa, uma vez que as duas estão intimamente relacionadas.

A quarta questão vai além da retórica. Uma vez que defendemos ações pedagógicas que valorizem o protagonismo como atitude de aprendizagem, é importante e necessário que a pesquisa possa apontar alguma evidência de que essa relação – protagonismo e aprendizagem – produz efeitos positivos, ainda que consideradas no domínio microgenético. Nesse sentido, a quarta questão provoca os pesquisadores no sentido de avaliar os mecanismos cognitivos de socialização do conhecimento como função indutora de evolução conceitual na fronteira difusa dos domínios microgenético e ontogenético (nos termos de Vygotsky) ou considerados como estruturadores de um processo de aprendizagem cultural (nos termos de Tomasello).

3.3. PROCEDIMENTOS DE COLETA E REGISTRO DOS DADOS

Nesta seção, apresentamos as medidas que tomamos, diretamente relacionadas aos métodos empregados para coletar e gravar registros. Apontamos algumas escolhas que foram necessárias e algumas decisões que nos impomos assumir para conduzir a pesquisa.

3.3.1. Registros – fontes dos dados primários

Consideramos como fonte de dados primários os registros das gravações em áudio e em vídeo, as notas de campo, os cadernos dos estudantes (cadernos de Laboratório e cadernos de Classe). Embora reconheçamos que todo registro (fonte de dados) tenha sido fruto de decisões tomadas pelos pesquisadores antes ou durante o processo de sua aquisição – fato que já não os isenta de influências – estamos considerando que dados primários passam a se constituir como tal somente a partir de nossas primeiras incursões àqueles registros. Isso

ocorre, por exemplo, quando reconhecemos nos registros quaisquer eventos microgenéticos nos quais pudessem vir a ser identificados processos de redescrição representacional, conforme o primeiro nível de análise. Ainda que o pesquisador, em um dado momento, tenha manipulado a câmera para registrar um detalhe das anotações do professor no quadro-negro, ou tenha feito alguma anotação no caderno de campo acerca de algum comportamento potencialmente interessante, não era certo ainda supor que esses registros fossem retomados posteriormente.

Gravação em áudio e em vídeo

As gravações em vídeo se iniciaram em maio de 2016 e totalizaram 44 horas de gravação ou 53 ha (horas-aula), encerrando-se na primeira semana de setembro do mesmo ano. Começamos a fazer os registros em áudio e vídeo antes do período que, de fato, nos interessava observar, que eram as atividades sobre o tópico eletromagnetismo. O motivo para

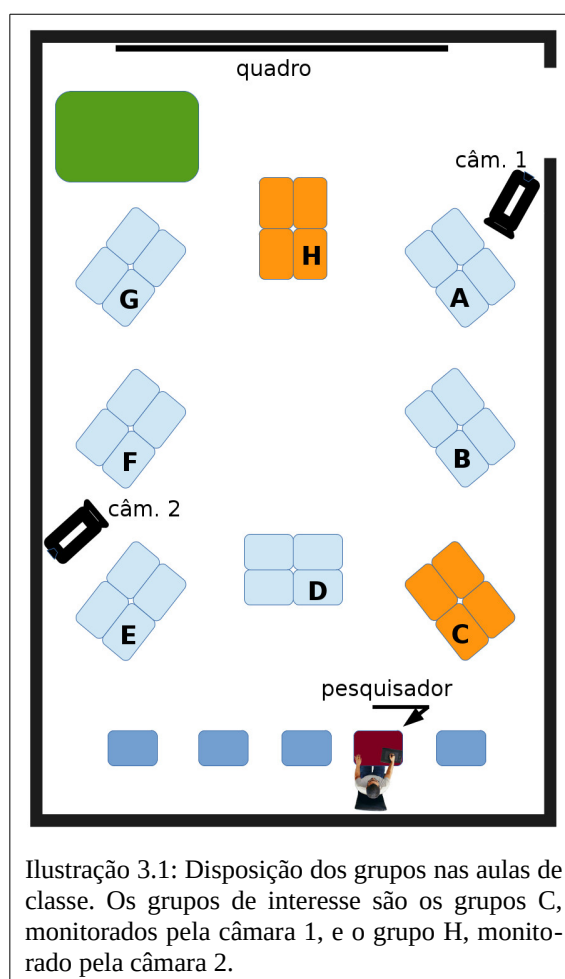


Ilustração 3.1: Disposição dos grupos nas aulas de classe. Os grupos de interesse são os grupos C, monitorados pela câmara 1, e o grupo H, monitorado pela câmara 2.

essa decisão era para que os estudantes tivessem tempo de se acostumar com os equipamentos de gravação e ficassem mais à vontade quando os registros fossem definitivos.

Além disso, esse procedimento também deu tempo aos pesquisadores para avaliar o comportamento de alguns grupos para decidir quais deles seriam de fato investigados. Nós precisávamos eleger dois grupos para observar com maior cuidado. Neste aspecto, a colaboração do professor da turma foi de fundamental importância. Como as turmas eram divididas em subturmas, era necessário escolher dois grupos que estivessem na mesma subturma e fossem frequentes às aulas. Consideramos, além disso, a opção por grupos de quatro estudantes, em vez de três, para o caso de algum deles se ausentar por algumas aulas. Esse critério se mostrou acertado, uma vez que um estudante de um dos grupos foi selecionado para um programa de intercâmbio e esteve ausente quase todo o período de registro das aulas.

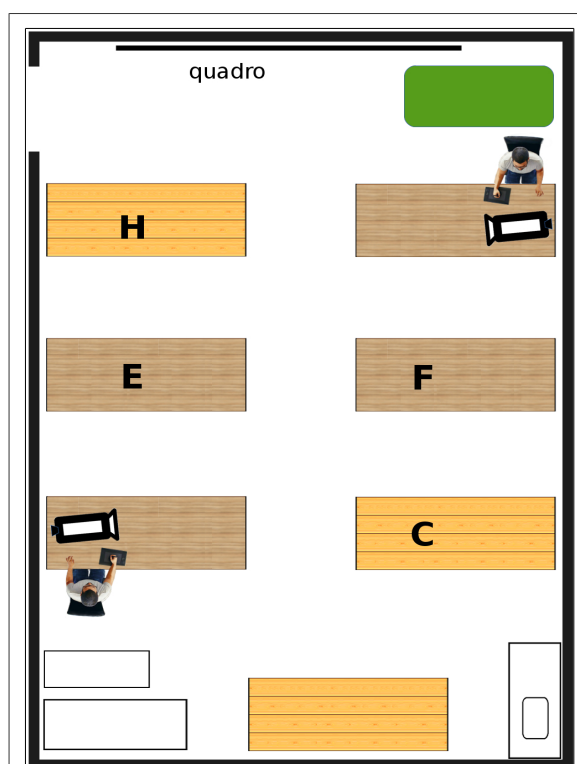


Ilustração 3.2: Disposição dos grupos nas aulas de laboratório. Destaque para os grupos de interesse, C e H. A figura também destaca a posição do pesquisador, que se posicionava ao fundo da sala, ou na frente, alternando sua posição a cada aula.

Os registros foram feitos, colocando-se em cada mesa da sala de aula ou bancada do

laboratório um gravador para obter um arquivo de áudio local. Esse procedimento foi fundamental, pois o áudio das câmeras de vídeo não oferecia clareza suficiente, devido ao ruído ambiente. Posteriormente, foi necessário realizar a sincronização do áudio dos gravadores com o vídeo. Esse procedimento se repetiu em todas as aulas, em classe e no laboratório, até o final do estudo do tópico de interesse. A ilustração 3.1 mostra a disposição dos grupos nas aulas de classe, enquanto a ilustração 3.2 mostra os mesmos grupos na subturma, nas aulas de laboratório.

A análise em primeiro nível começou logo que os primeiros arquivos foram sincronizados, para a identificação de eventuais episódios cujos comportamentos dos estudantes pudessem ser associados a um processo de redescrição representacional que se mostrasse de interesse para a investigação em segundo e terceiro níveis.

Cadernos de campo

Durante todo o tempo que estivemos em observação de campo, utilizamos cadernos com a finalidade de registrar algum evento marcante que indicasse potencialidade de investigação. Trabalhamos nos momentos iniciais da pesquisa com uma hipótese de trabalho: observar eventos microgenéticos nos quais houvesse a manifestação de utilização, por parte dos estudantes, do recurso cognitivo da redescrição representacional. Todavia, nesses primeiros passos de condução da pesquisa, ainda não havíamos decidido sobre quais grupos seriam observados mais de perto. Além disso, as anotações feitas nos cadernos de campo indicavam condutas comportamentais dos estudantes com relação ao grupo ou aos demais colegas, mas não podiam apontar, com segurança, condutas de caráter cognitivo, pois não tínhamos como ouvir claramente o conteúdo da conversa devido ao ruído de fundo. Como o objetivo era o de investigar processos microgenéticos de significação, a análise das gravações em áudio e vídeo assume uma importância muito maior. Assim, os registros dos cadernos de campo foram importantes para orientar as primeiras incursões aos dados e também para nos ajudar a decidir quais grupos passariam a ser o foco de nossa investigação.

Cadernos dos estudantes

Os estudantes possuíam dois cadernos, um de Laboratório e outro de Classe. Ambos foram recolhidos em três oportunidades para serem fotografados. Na maioria das vezes, recolhemos os cadernos de vários estudantes além daqueles pertencentes aos grupos

escolhidos, mesmo sabendo que eles não seriam utilizados de forma recorrente e direta nesta pesquisa. Entendemos que esse procedimento se justifica para manter uma postura de neutralidade, por parte do pesquisador, em relação a todos os participantes da pesquisa. Julgamos que um tratamento igual a todos os estudantes da turma, por exemplo, no recolhimento dos cadernos, evitaria colocar os estudantes dos grupos escolhidos em destaque desnecessário diante dos colegas, o que poderia influenciar o próprio andamento das atividades nas aulas. Uma ocorrência que presenciamos mostra que, mesmo tomando todo esse cuidado, gravadores e câmeras introduzem modificações mais ou menos importantes nas relações no ambiente; em uma das gravações uma aluna me perguntou o que eu faria com os áudios e vídeos obtidos, ao que respondi que os episódios de interesse seriam transcritos e analisados. Depois desse breve diálogo, ela se dirigiu a um colega, dizendo “ele está te analisando”, baseada no fato de que um dos gravadores tinha sido colocado ao lado dele. Nenhum dos dois integrava os grupos de interesse.

Definição dos grupos a serem investigados

Conforme relatado anteriormente, as gravações começaram cerca de duas semanas antes do professor iniciar o conteúdo de eletromagnetismo – um dos elementos contextuais da pesquisa. Durante esse tempo, os pesquisadores se reuniram para apontar quais critérios seriam importantes para definir quais grupos de estudantes seriam escolhidos para o procedimento de coleta de dados.

A decisão prévia de acompanhar eventos deslocados no tempo ou em situações de ensino diferentes (laboratório ou aulas de classe), contextualizados pelo mesmo artefato cultural, nos fez impor como um dos critérios a assiduidade dos estudantes. Um segundo critério, também importante, era a disposição natural dos estudantes para o diálogo com os pares nas atividades. A ajuda do professor com relação a esses dois critérios foi fundamental, pois ele conhecia os grupos a mais tempo que o pesquisador.

Optamos ainda por grupos de quatro estudantes, em vez de três, para o caso de algum deles se ausentar por algumas aulas. Isso acabou ocorrendo nos dois grupos, mas em um deles essa falta foi permanente durante o período de interesse, porque um dos estudantes fora selecionado para um programa de intercâmbio, se ausentando por quase todo o período de registro das aulas, como mencionado anteriormente. Assim, os dois grupos escolhidos eram compostos por estudantes assíduos, suficientemente comunicativos, com características

diversas, alguns deles com aparente dificuldade com a disciplina (considerando não somente o ponto de vista do pesquisador ou do professor, como também, o ponto de vista dos próprios estudantes). Ainda assim, os estudantes que se sentiam menos capazes não escondiam suas dúvidas diante dos colegas ou do professor.

Cabe ressaltar que, com o decorrer das aulas, verificamos que quase todos os grupos poderiam ter sido selecionados para o aprofundamento da análise, uma vez que a infrequência era rara e a maioria dos estudantes participava com interesse nas atividades.

3.4. PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO DOS DADOS

Nesta seção e respectivas subseções apresentamos os caminhos que foram seguidos e as decisões que foram tomadas para a coleta e a construção dos dados. Após a organização dos registros, conforme descrito na seção anterior, passamos aos procedimentos de análise para a construção dos dados primários.

Considerando o ponto de vista metodológico, veremos imediatamente que a proposta de investigação qualitativa das ações de estudantes, em ambientes de aprendizagem colaborativa, implica a necessidade de aproximação dos detalhes das interações que ali ocorrem. Além dos vídeos, ainda produzimos um acervo bastante significativo de fotos, página por página, dos cadernos dos estudantes, tanto de classe, quanto de laboratório. Portanto, tínhamos à nossa disposição uma grande quantidade de registros para análise.

Para conduzir a análise microgenética, decidimos por uma estratégia de sucessivas aproximações aos dados para que o delineamento do processo de análise fosse tomando forma. Esse processo não ocorreu na sequência linear como apresentado nas seções a seguir; ele foi se constituindo com o desenvolvimento da própria pesquisa. Portanto, a apresentação do delineamento metodológico em três níveis, conforme segue, obedece a uma lógica de organização expositiva, que tem por objetivo facilitar, tanto a construção como a leitura do texto e, conseqüentemente, a compreensão do processo.

Os procedimentos de análise qualitativa dos dados primários definiram alguns indicadores tanto para o que chamamos de eventos de inflexão quanto o que chamamos de mecanismos de cognição compartilhada. Eles foram criados com grande recursividade aos dados, aos principais conceitos teóricos que estruturam a pesquisa e à literatura de pesquisa

em Educação de uma maneira geral. Cada nível de aproximação aos dados implica um refinamento do trabalho de investigação, dentro dos episódios de interesse.

3.4.1. Análise em primeiro nível

A análise em primeiro nível é uma primeira aproximação aos registros para a construção dos dados primários. Consiste basicamente em assistir às gravações em vídeo, destacando eventos nos quais haja forte interação entre os estudantes e que apresente a ocorrência de um processo de redescrição representacional. Alguns indicadores do potencial dessas interações estão relacionados a eventos nos quais ocorre processos de redescrição representacional. Quando um evento apresentava indícios de que havia um processo de redescrição representacional em andamento, o trecho do vídeo referente a ele era marcado com auxílio do aplicativo *Nvivo* para análise posterior mais refinada (análise em segundo e terceiro níveis).

A estratégia metodológica para caracterizar esses eventos foi aplicada aos segmentos marcados por processos de objetivação cultural e foi balizada por três critérios: (1) o estudante deve se exprimir verbalmente e/ou gestualmente, (2) o estudante deve fazer uso de um artefato cultural mediador das suas ações, (3) o evento que caracteriza um processo de redescrição representacional deve estar associado a recursos cognitivos subjacentes, que chamamos preliminarmente de mecanismos de cognição compartilhada.

O procedimento por esse caminho, entretanto, mostrou-se ineficaz diante da quantidade de dados primários que se avolumava. Percebemos que era necessário recorrer a uma estratégia que pudesse reduzir os dados primários sem perder sua qualidade. Assim, os eventos que caracterizavam processos de redescrição representacional, com interesse potencial para a pesquisa, se reduziram àqueles cujas ações dos estudantes fossem mediadas por um mesmo artefato cultural, o qual passamos a chamar de *artefato cultural primário*, ou simplesmente de *artefato primário*. A inclusão do artefato primário permitiu conectar eventos cronológica e espacialmente separados, fazendo com que, de fato, ocorresse uma redução dos dados, ainda que parcial.

Os artefatos primários foram definidos, para cada grupo, ao revisitarmos alguns eventos que haviam nos chamado mais a atenção nas primeiras incursões, guiados por

anotações de campo. Com a definição do artefato primário para cada grupo, foi possível redefinir a estratégia metodológica para a caracterização dos processos de redescrição representacional que passou a adotar apenas dois critérios de filtragem em vez dos três mencionados anteriormente. Voltamos aos eventos de interesse potencial, marcados por processos de objetivação cultural e aplicamos os novos critérios de filtragem para a análise em primeiro nível: (1) o estudante deve se exprimir verbalmente e/ou gestualmente; (2) as ações dos estudantes devem ser mediadas pelo mesmo artefato cultural primário.

Nesse nível de análise, não há uma preocupação com a associação imediata de processos de redescrição representacional a eventuais mecanismos de cognição compartilhada. No entanto, a mudança na estratégia metodológica não nos impediu de antevê-los ou de identificá-los preliminarmente, assim como apontar alguns indicadores de eventos de inflexão. Eles foram marcados com a ajuda do programa *Nvivo* para uma análise mais refinada. Voltaríamos a eles em uma segunda aproximação aos dados, na análise em segundo nível.

3.4.2. Análise em segundo nível

A revisão na estratégia metodológica, ainda no primeiro nível de análise, permitiu uma redução significativa, mas ainda parcial dos dados primários. Com esse novo conjunto de dados primários, passamos ao segundo nível da análise, com o objetivo de construir respostas, ainda que parciais, para a primeira e segunda questões de pesquisa, diretamente associadas a eventos de inflexão e a mecanismos de cognição compartilhada. Para isso, introduzimos mais dois critérios de pesquisa: (2) a materialidade do processo de redescrição representacional se constituiria por meio da emergência de mecanismos de cognição compartilhada; e (3) a motivação do processo de redescrição representacional seria reconhecida por meio da prévia ocorrência de um evento de inflexão. Essa nova abordagem permitiu uma segunda redução nos dados.

Assim, passamos a investigar a materialidade dos processos de redescrição representacional, precariamente identificados em primeiro nível. Nessa etapa, a incursão aos dados mostrou que os eventos associados a processos de redescrição representacional eram objetivados em associação a ações intencionais nas situações de sociogênese, correspondendo

ao que temos chamado de mecanismos de cognição compartilhada. Esses mecanismos, por sua vez, possuíam algumas características particulares, que permitiram categorizá-los prototipicamente como indicadores de ações específicas. Portanto, processos de redescrição representacional devem apresentar as seguintes características: (1) a expressão verbal ou gestual do sujeito deveria estar associada ao artefato cultural primário; (2) a materialidade do processo de redescrição representacional se constituiria por meio da objetivação cultural de mecanismos de cognição compartilhada e, (3) a emergência do processo deveria ser associada a um evento de inflexão.

Por sua vez, a análise em segundo nível também permitiu categorizar eventos de inflexão como indicadores de mudanças que ocorrem no domínio microgenético da atividade, de acordo com os preceitos da análise microgenética. Nesse sentido, eventos de inflexão prototípicos, inter-relacionados a processos de redescrição representacional, configuram-se, no âmbito desta pesquisa, por contemplar duas características: (1) sinalizar algum tipo de mudança, seja no comportamento dos sujeitos, seja nos aspectos sociais ou culturais da atividade, que provoque uma reorientação no fluxo da atividade, como previsto nos fundamentos da análise microgenética; e (2) estimular um processo de redescrição representacional.

A adoção desses recursos estratégicos, na análise em segundo nível, permitiu, então, alcançar três objetivos:

- (1) qualificar, ainda que de forma preliminar e parcial, os indicadores de eventos de inflexão e de processos de redescrição representacional;
- (2) apontar evidências para responder à primeira e segunda questões de pesquisa;
- (3) antecipar respostas parciais à terceira e quarta questões de pesquisa.

Neste nível de análise, percebemos, por meio da estratégia metodológica, que era possível identificar uma sequência de eventos os quais configuravam uma estrutura causal começando com os eventos de inflexão, passando pelos processos de redescrição representacional e aos mecanismos subjacentes de cognição compartilhada. Esse fato, decorrente do processo de análise microgenética, nos direcionou ao terceiro nível de análise.

3.4.3. Análise em terceiro nível

Enquanto analisávamos os dados em segundo nível, procurando qualificar, ainda que

parcialmente, indicadores de eventos de inflexão e de mecanismos de cognição compartilhada, foi possível perceber a sequência causal entre os dois tipos de eventos. Assim, surgiu o esquema mostrado na ilustração 3.3, que acabou por definir o que estamos chamando de episódio de cognição cultural. Esse esquema se constituiu como o artefato cultural

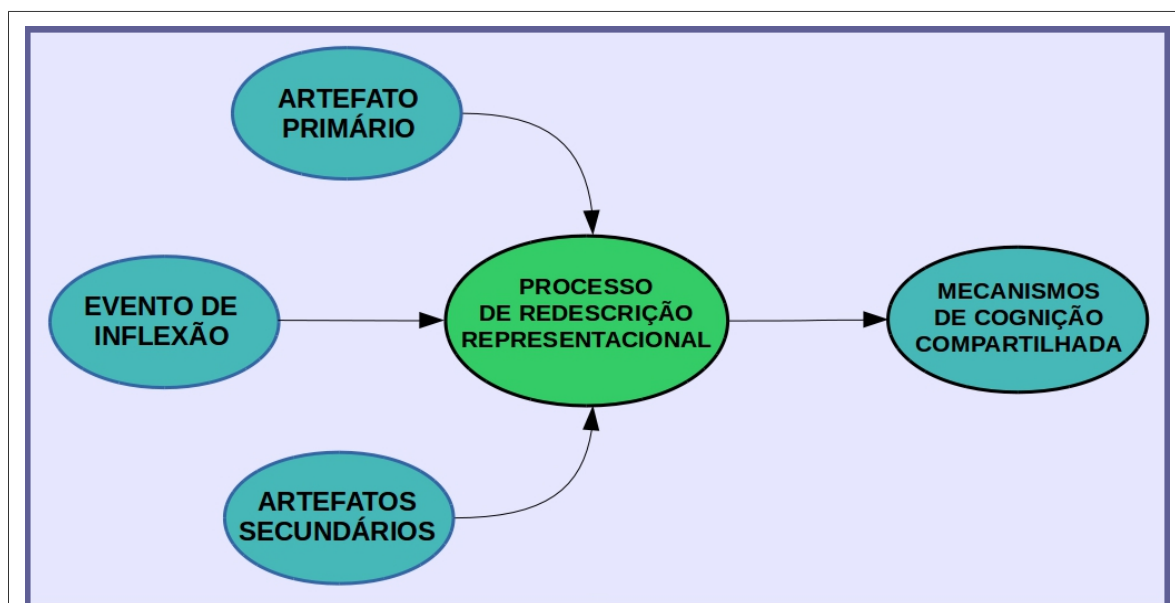


Ilustração 3.3: Elementos de um episódio de cognição cultural, centralizado na unidade de análise – a redefinição representacional. Estão omitidos nesta figura os indicadores dos eventos de inflexão e dos mecanismos de cognição compartilhada, os quais descrevem a socialização de sentidos.

mediacional com que os pesquisadores, a partir deste ponto, passaram a orientar a investigação. Neste esquema, vemos que a unidade de análise, a redefinição representacional, é o elo causal que se estabelece entre o mecanismo de mudança previsto na análise microgenética – o evento de inflexão – e os mecanismos de cognição compartilhada, por meio dos quais os processos de redefinição representacional são objetivados na cultura.

O terceiro nível de análise implica uma descrição detalhada dos eventos microgenéticos nos episódios de cognição cultural. Com esse detalhamento esperamos corroborar as respostas dadas às duas primeiras questões de pesquisa e responder a terceira e a quarta questões. Assim, os indicadores de eventos de inflexão, que se constituíam como o princípio de mudança previsto pela análise microgenética; e de mecanismos de cognição compartilhada, que se constituíam como categorias de comportamento cognitivo, social e cultural, nos ajudaram a descrever e compreender melhor as relações intersubjetivas, nos processos de negociação de sentidos mediados por artefatos culturais pertencentes ao sistema simbólico da Física.

Utilizando a microanálise, nesta fase da pesquisa, vamos descrever em detalhes como os indicadores de cognição compartilhada emergem das situações sociogenéticas e se tornam instrumentos de socialização do conhecimento. Os mecanismos de cognição compartilhada são reconhecidos mediante três condições: (1) devem ser subjacentes aos processos de redescrição representacional; (2) devem possuir atributos associados à intencionalidade dos sujeitos envolvidos; e (3) devem ocorrer sob condições de atenção conjunta, o que necessariamente envolve pelo menos dois sujeitos.

Os mecanismos de cognição compartilhada incorporam intencionalidades presentes na argumentação de quem se propõe a explicar algum fenômeno ou processo. Eles estão intrinsecamente relacionados à manifestação do outro, deflagrada pelos eventos de inflexão e são inerentes aos processos sociogenéticos. Como outros indicadores, eles foram propostos a partir de conceitos oriundos da literatura e também da nossa interpretação de situações que emergiram durante a análise e construção dos dados.

4. ANÁLISE DOS DADOS

O processo de análise e construção dos dados foi realizado em três níveis. Começamos com uma primeira aproximação aos registros – a análise em primeiro nível. Nosso objetivo principal, nesse primeiro nível de análise, foi caracterizar eventos em que ocorreram processos de redescrição representacional. Conforme apontamos no delineamento metodológico, nesse primeiro passo, consultamos nosso caderno de campo, assistimos às gravações em vídeo e destacamos os eventos nos quais havia forte interação entre os estudantes com potencial para uma investigação mais refinada de eventuais processos de redescrição representacional. Essa etapa gerou uma grande quantidade de dados primários, o que nos obrigou a repensar a estratégia de pesquisa.

O segundo nível de análise surgiu da necessidade de redução desses dados, tendo em vista os preceitos da análise microgenética. Para implementar essa redução dos dados sem perder sua qualidade, consideramos que, uma vez reconhecidos como tal, os processos de redescrição representacional deveriam se enquadrar nos critérios apontados no delineamento metodológico, que definiram o episódio de cognição cultural (ilustração 3.3, seção 3.4.3): a prévia ocorrência de um evento de inflexão; o uso do artefato cultural primário como mediador das ações dos estudantes, definido para cada um dos grupos observados; a emergência de mecanismos de cognição compartilhada como materialização do processo de redescrição representacional. Com base no episódio de cognição cultural foi possível apontar evidências para responder à primeira e segunda questões de pesquisa:

- (1) Que tipo de estímulos, indicadores de eventos de inflexão, podem ser reconhecidos como catalisadores de processos de redescrição representacional?
- (2) Que mecanismos de cognição compartilhada estão presentes na socialização de sentidos atribuídos a conceitos/artefatos culturais?

Além disso, permitiu também antecipar respostas parciais à terceira e quarta questões:

- (3) Que comportamentos sociais-culturais, observados nos episódios de sociogênese, podem ser destacados como facilitadores ou inibidores da apropriação de conceitos/artefatos culturais?
- (4) Que fatores, observados nas atividades de aprendizagem colaborativa, indicam que o protagonismo dos estudantes favoreça processos de aprendizagem conceitual?

A estratégia adotada no segundo nível sinalizou a existência de elos causais entre os eventos de inflexão, os processos de redescrição representacional e desses com os

mecanismos de cognição compartilhada que constituem um episódio de cognição cultural (conforme ilustração 3.3).

A análise em terceiro nível, orientada pela definição de episódios de cognição cultural, retoma as categorias de eventos de inflexão e também de mecanismos de cognição compartilhada, elencadas nos níveis de análise anteriores, considerando as descrições detalhadas das interações entre os estudantes nas situações de sociogênese. Paralelamente, exploramos alguns eventos que expõem certos comportamentos, ou fatores específicos, que podem facilitar ou inibir a construção de sentidos. Além disso, procuramos por eventos específicos que possam responder a quarta questão de pesquisa, que se refere à importância da valorização do protagonismo dos estudantes na aprendizagem conceitual.

No terceiro nível, um conjunto de três episódios de cognição cultural são analisados para cada grupo. Esse conjunto de episódios analisados para cada grupo estão relacionados por um mesmo artefato cultural. Para o grupo *C*, este artefato é o diagrama vetorial e, para o grupo *H*, é a regra da mão direita, de Ampère, para determinar a orientação das linhas do campo em torno de um fio percorrido por corrente elétrica. Professores e estudantes se referiam a esta regra pelo mnemônico “regra da motocicleta”.

Os registros em vídeo constituem a principal fonte de dados em nossa pesquisa. Além desses registros, ainda dispomos de fotos dos cadernos de quase todos os 29 estudantes voluntários (nem todos os estudantes entregaram os cadernos quando solicitados). As aulas sobre o tópico magnetismo começaram em 16/06/15, mas as gravações começaram bem antes dessa data para que os estudantes se familiarizassem com a presença do pesquisador e das câmeras. O quadro 4.1 mostra, em ordem cronológica, a sequência das atividades pedagógicas no período mais próximo dos episódios de interesse. As aulas nas quais ocorreram os episódios de interesse estão destacadas com sombreamento e evidenciam que os episódios ocorreram em dias distintos, inclusive, no caso do grupo *C*, separados pelo recesso escolar do meio do ano.

A escolha do tópico eletromagnetismo como contexto da investigação decorre de nossas observações como professor da disciplina em anos anteriores, nas quais percebemos momentos de grande potencial de investigação, pelas riquíssimas situações discursivas e comportamentais proporcionadas pelo estudo do eletromagnetismo. Além disso, do ponto de vista epistemológico, há uma boa razão que apoia essa escolha. O conceito de campo é um

dos conceitos estruturantes da Física, fazendo-se presente na mecânica, na eletricidade e no magnetismo. Os conceitos de campo gravitacional, campo elétrico e campo magnético, têm sido tratados nos livros didáticos pela comparação de suas similaridades analógicas e por suas diferenças, tendo o campo gravitacional como referência.

Quadro 4.1: Recorte cronológico das atividades de ensino, com os respectivos episódios de interesse. Os episódios analisados para cada grupo estão destacados com sombreamento. A coleta de dados ocorreu no ano de 2015.

Data	Grupo	Atividade desenvolvida	Comentários
09/07	<i>H</i>	Classe 100 min – Tutorial 7 – Parte III – Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira retangular e em solenoides – Seções A e B.	Episódio anterior ao episódio central (grupo <i>H</i>).
14/07	<i>H/C</i>	LAB08A – Campo magnético terrestre – parte I	Episódio central (grupo <i>H</i>). Episódio anterior ao episódio central (grupo <i>C</i>).
14/07	<i>H</i>	Classe – 50 min – Tutorial 7 – Parte III – Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira retangular e em solenoides – Seção C.	Episódio posterior ao episódio central (grupo <i>H</i>).
16/07		Aula de classe 100 min. Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas – Aula voltada para tiradúvidas do tutorial e de uma lista de exercícios.	Nos quarenta minutos restantes da aula, os estudantes fazem um teste.
20/07 a 02/08		PERÍODO DE FÉRIAS ESCOLARES.	Dois semanas.
04/08	<i>C</i>	LAB08B – Elaboração do Relatório – Campo magnético terrestre – parte I.	Episódio central (grupo <i>C</i>).
04/08		Classe 50 min – Correção do teste aplicado em 16/07 – antes do recesso. Início do Tutorial 8 – Indução eletromagnética (Lei de Lenz).	
06/08		Classe 100 min – Tutorial 8 – Indução eletromagnética – continuação.	
11/08	<i>C</i>	LAB09A – Campo magnético terrestre – parte II.	Episódio posterior ao episódio central (grupo <i>C</i>).

Mesmo impondo uma limitação das investigações em um tópico específico, a condução da investigação no domínio dos eventos microgenéticos exigia uma significativa redução dos dados primários. Isso porque, na análise em primeiro nível, encontramos situações que poderiam ser abordadas na perspectiva teórico-metodológica da análise microgenética, mas o volume de registros transformados em dados primários se mostrou muito grande. A redução desses dados se tornou possível quando percebemos que processos

de redescrição representacional, que ocorreram em episódios diferentes e em espaços também diferentes, poderiam ser associados ao uso de um mesmo artefato cultural.

Os dados primários foram, então, construídos a partir de episódios que ocorreram nas atividades destacadas no quadro 4.1 e se referem à participação dos dois grupos de estudantes, o grupo *C* e o grupo *H*. A análise dos dados será apresentada primeiro para um grupo e depois para o outro, conforme os níveis de análise previstos no delineamento metodológico. Antes da análise de cada grupo, apresentaremos uma descrição de algumas características pessoais dos estudantes que os compõem. Todavia, destacaremos primeiramente o contexto conceitual dos episódios analisados.

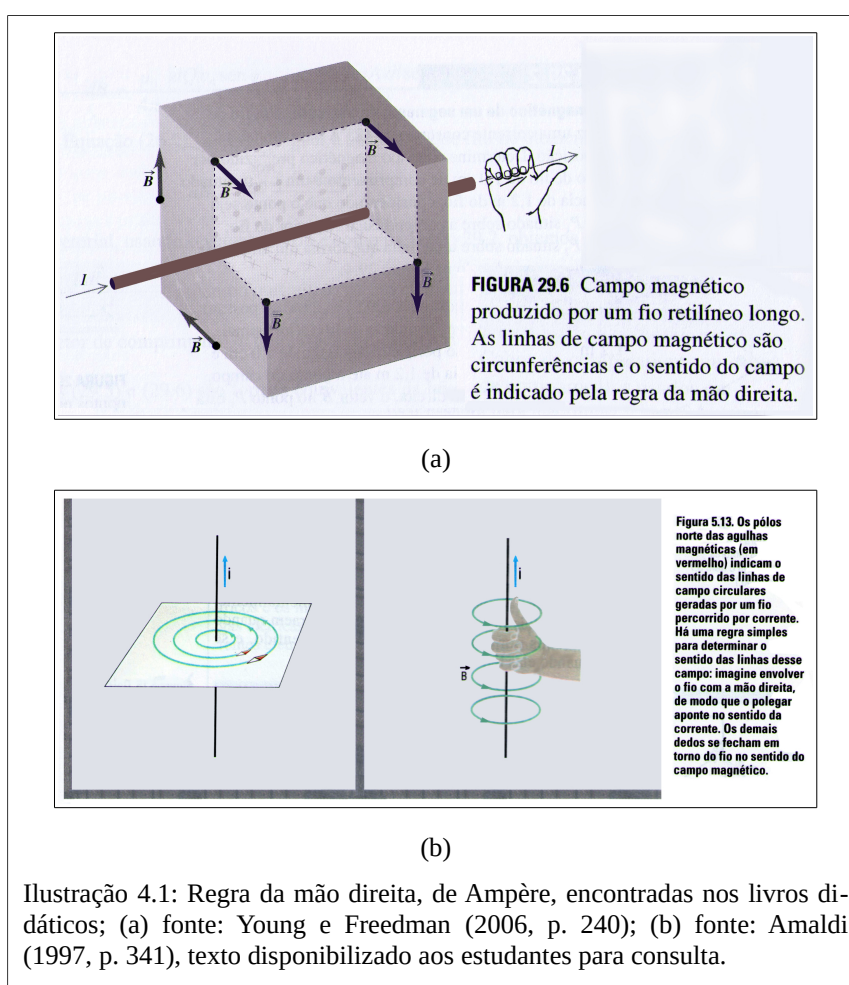
4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO CONCEITUAL DOS EPISÓDIOS ANALISADOS

A abordagem do tópico magnetismo, nas aulas de Física, começou bem antes das atividades registradas no quadro 4.1. Para que os estudantes pudessem apreender uma ideia tão abstrata como é a ideia de campo magnético, foram utilizados alguns recursos mediacionais que permitissem “materializá-la”. Entre esses recursos mediacionais podemos destacar o uso de limalha de ferro sobre uma folha de papel, operação que permite a visualização da configuração de campos magnéticos de alguns formatos de ímãs e da superposição de campos magnéticos de alguns deles; explorou-se também a interação entre dois ímãs e entre ímãs e materiais diversos – magnéticos e não magnéticos. Além disso, foram utilizados simuladores virtuais de campos magnéticos que permitem a caracterização do campo magnético como grandeza vetorial. Cabe ressaltar ainda que os estudantes estudaram os tópicos interações elétricas e campo elétrico antes de começarem a estudar o campo magnético.

Nas atividades destacadas para análise dos processos de aprendizagem, o conceito de campo magnético é subjacente, e o foco está nas representações que se utilizam para estudar suas propriedades e nos artefatos culturais que permitem quantificá-lo. Todas as atividades registradas são atividades colaborativas. Nas atividades de classe, os tutoriais são utilizados como artefatos culturais circunscritores da atividade; eles se constituem como orientadores e organizadores das atividades colaborativas.

Os episódios analisados para o grupo *H* ocorreram em duas aulas em classe e em uma

aula no laboratório. As aulas de classe foram circunscritas pelo Tutorial 7¹³ e a aula de laboratório pelo roteiro do LAB08A¹⁴. Os episódios analisados nos dois contextos estavam associados pelo uso do mesmo artefato cultural primário, a regra da mão direita para a lei de Ampère, à qual professor e estudantes se referiam pelo mnemônico “regra da motocicleta” (ilustração 4.1). Além deste, outros artefatos culturais secundários foram utilizados na atividade tais como a representação vetorial de campos magnéticos e representação de campos magnéticos por meio de linhas de campo.



O objetivo conceitual do Tutorial 7 é permitir que os estudantes possam perceber as semelhanças entre os campos magnéticos de ímãs e aqueles produzidos por correntes elétricas, os quais são fundamentais para a compreensão de dispositivos como motores,

13 Tutorial 7 – Interações magnéticas – Seções A, B e C: Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira retangular e em solenoides (anexo E, pág. 231).

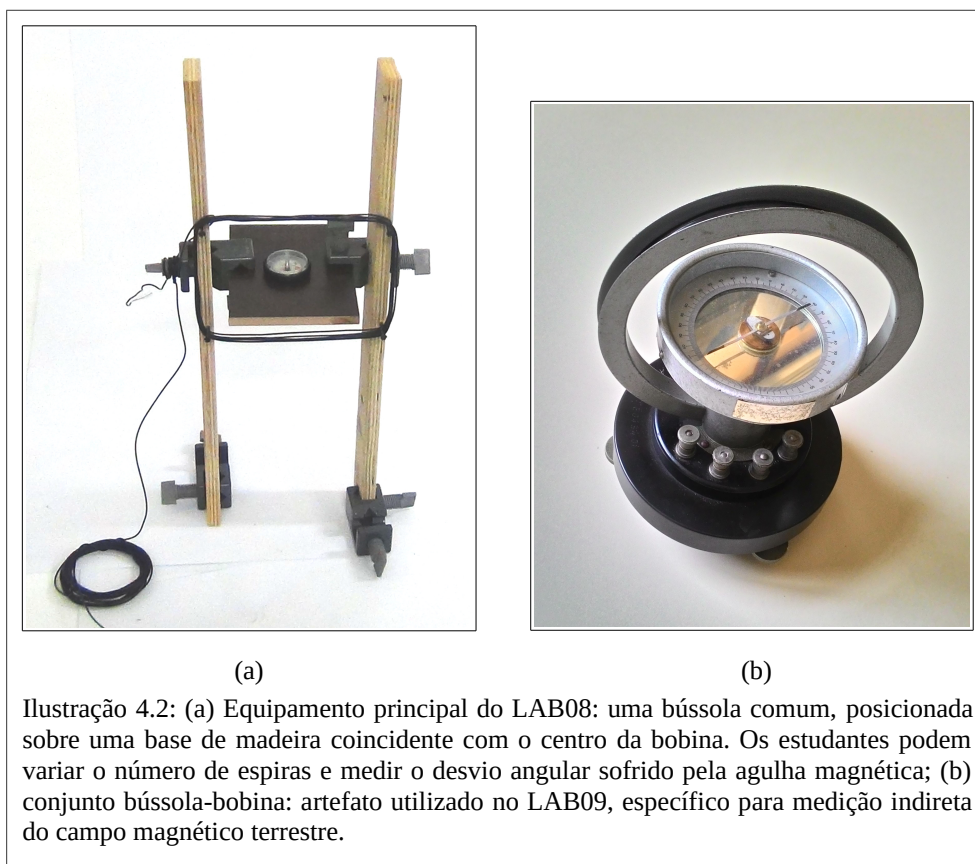
14 LAB08A – Campo magnético terrestre – parte I (anexo B, pág. 225).

indutores, eletroímãs e transformadores. Especificamente, o contexto dos episódios de interesse da pesquisa referem-se ao estudo do campo magnético de uma “espira de corrente”, sua aplicação ao princípio do motor, e também o estudo da configuração do campo magnético de um solenoide.

Como mediador da atividade colaborativa, o tutorial sobre interações magnéticas é desenhado para colocar os estudantes diante de situações-problema para as quais se exige capacidade de abstração espacial, como é comum no estudo do eletromagnetismo. Essa condição particular fez emergir uma série de eventos interessantes do ponto de vista do objetivo da pesquisa, uma vez que os tutoriais são preparados com base em resultados de pesquisa em ensino de Física que levam em conta reconhecidas dificuldades dos estudantes relacionadas ao tópico estudado (FINKELSTEIN; POLLOCK, 2005; KOHLMYER et al., 2009; POLLOCK, 2009). A atividade com o tutorial citado contextualiza dois episódios do grupo *H*; o terceiro é o LAB08A, que também é o contexto de um dos episódios do grupo *C*.

Os roteiros de laboratório são desenhados como complementares às atividades de classe, no sentido de proporcionarem oportunidades de aplicação dos tópicos ali trabalhados, agregando os artefatos culturais necessários para o desenvolvimento das atividades. No LAB08A, os estudantes utilizam como artefato primário uma bússola comum, graduada em graus, e uma bobina (ilustração 4.2a). Esta bobina é construída na atividade e, entre outras possibilidades, permite que os estudantes acrescentem espiras e verifiquem as consequências desse fato sobre a orientação da bússola.

O objetivo final da atividade é encontrar uma relação matemática que represente a superposição entre a componente horizontal do campo magnético terrestre e o campo magnético produzido por uma bobina. Este passo é importante para a realização da próxima atividade de laboratório (LAB09A) e passa pela construção de um diagrama vetorial. Para a análise dos episódios do grupo *H*, o artefato cultural que nos interessa é a “regra da motocicleta”, enquanto que para o grupo *C*, o artefato cultural primário é o diagrama vetorial. Ambos são exemplos de artefatos culturais construídos pelo processo de sociogênese ao longo das atividades.



No grupo C, os três episódios destacados ocorreram em aulas de laboratório. Os estudantes fazem duas atividades de laboratório nas quais o diagrama vetorial se constitui como artefato cultural primário. Na segunda (LAB09A), eles viriam a calcular a componente horizontal do campo magnético terrestre. Para isso, eles voltariam a construir um diagrama vetorial, mais refinado, obtido por meio do manuseio de um outro artefato cultural, o conjunto bússola-bobina, específico para medição do campo magnético terrestre (ilustração 4.2b). Há outros artefatos secundários que serão utilizados, como uma planilha *CALC* (do pacote *LibreOffice*), e o *QtiPlot*, para a elaboração de gráficos; ambos são aplicativos de uso livre, que rodam na plataforma Ubuntu.

Entre as duas atividades (LAB08A e LAB09A), os estudantes tiveram a segunda etapa do LAB08¹⁵, para elaboração do relatório da atividade, e também aulas em classe.

15 Em geral, as atividades de laboratório são realizadas em duas etapas, o *LABxxA*, em que os estudantes fazem uma atividade experimental ou investigativa, propriamente ditas, e o *LABxxB*, em que fazem o relatório, ou uma atividade complementar.

4.2. ANÁLISE EM PRIMEIRO NÍVEL

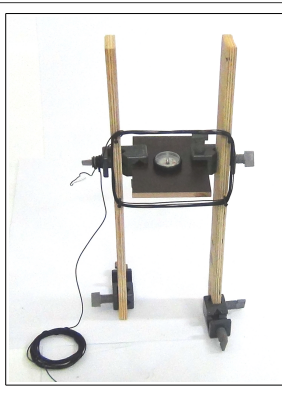
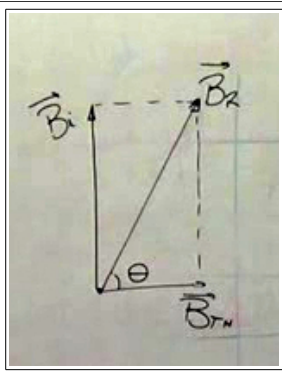

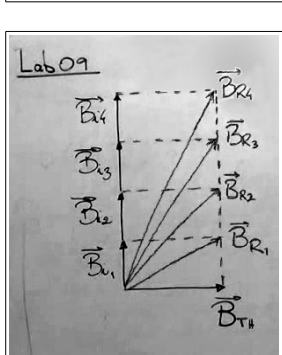
O objetivo da análise em primeiro nível era a identificação de eventos em que ocorressem processos de redescrição representacional. Conforme a estratégia de análise dos dados, prevista no delineamento metodológico, os procedimentos executados para a análise em primeiro nível foram orientados por dois critérios de filtragem: (1) os estudantes devem se exprimir verbalmente ou gestualmente; e (2) as ações dos estudantes devem ser mediadas pelos artefatos culturais primários definidos para cada grupo. Os artefatos primários foram definidos para cada grupo, após algumas revisões recursivas, ainda no decorrer da análise dos dados em primeiro nível.

No grupo *C*, os episódios mediados pelo uso do diagrama vetorial para a representação da superposição dos campos magnéticos foi destacado como artefato cultural primário, enquanto no grupo *H*, a regra da mão direita, transformada no análogo mnemônico “regra da motocicleta”, apresentou maior potencial para a análise. A análise em primeiro nível, tanto para o grupo *C* quanto para o grupo *H*, mostrou muitos episódios que poderiam ser utilizados como evidências de eventos que caracterizam processos prototípicos de redescrição representacional, permeados de gestos e ricas discussões envolvendo os estudantes em cada grupo.

Após a aplicação dos critérios definidos acima, selecionamos vários episódios que passaram a ser analisados em segundo nível. Entre estes, três episódios selecionados para o grupo *C* e três para o grupo *H*, respectivamente, acompanhados de uma breve descrição do contexto em que eles ocorreram. Os quadros 4.2 e 4.3, a seguir, mostram a sequência cronológica dos seis episódios; eles são os mesmos que passarão pela análise em segundo e terceiro níveis.

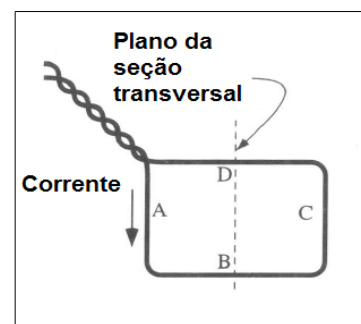
Os registros em vídeo dos seis episódios somam quase dez horas de gravação. A adoção dos critérios de filtragem, reduziu esse tempo para cerca de quarenta minutos para o grupo *C* (após os recortes dos eventos de interesse) e para cerca de 30 minutos para o grupo *H*. Entretanto, os episódios foram revisitados inúmeras vezes em função das questões de pesquisa. Além dos registros em vídeo, nesta etapa, selecionamos várias imagens dos cadernos de laboratório dos estudantes. Este material adicional foi muito importante tanto para ilustrar certos segmentos quanto para corroborar nossas inferências.

Quadro 4.2: **Grupo C** – Cronologia dos episódios em que ocorreram os eventos de interesse, com breve descrição dos episódios destacados. Nestes episódios, as ações dos estudantes estão associadas, direta ou indiretamente, ao artefato primário diagrama vetorial.

Data	Atividade desenvolvida – Breve descrição do cenário	
14/07	<p>LAB08A – Campo magnético terrestre – parte I.</p> <p>O professor instrui os estudantes a lidar com o equipamento do laboratório, mostrado na imagem. Ele havia declarado a intenção de que todos os grupos chegassem à questão do roteiro que se referia ao diagrama vetorial. Quando isso ocorre, ele chama os estudantes para uma plenária, conduzindo as discussões para a elaboração do diagrama vetorial.</p> <p>O objetivo da atividade é construir uma estratégia que possibilite obter uma relação matemática entre o campo magnético da Terra e o campo magnético de uma bobina. A bobina deverá ser construída pelos estudantes em uma etapa intermediária, cujo objetivo é fazer com que eles percebam que o número de espiras influencia diretamente no valor do campo magnético.</p>	
20/07 a 02/08	PERÍODO DE FÉRIAS ESCOLARES – DUAS SEMANAS	
04/08	<p>LAB08B – Relatório – Campo magnético terrestre – parte I (21 dias depois do LAB08A).</p> <p>Neste episódio, o diagrama vetorial foi utilizado pelos estudantes para deduzir a expressão matemática que representa a relação entre os dois campos magnéticos – objetivo da atividade. O diagrama na imagem foi feito pelo professor, no quadro, durante a preleção. Em nossa análise, as ações dos estudantes parecem demonstrar que eles não estão conscientes do objetivo principal; eles parecem agir para cumprir a tarefa que lhes foi dada para obter a avaliação do trabalho. Para atingir o objetivo da atividade, que não lhes parece claro neste momento, eles precisam conhecer as funções trigonométricas em um triângulo retângulo e associá-las ao diagrama vetorial.</p>	
11/08	<p>LAB09A – Campo magnético terrestre – parte II.</p> <p>Nesta atividade, o objetivo dos estudantes é determinar a intensidade da componente horizontal do campo magnético terrestre local. Para isso eles usarão o conjunto bússola-bobina, mostrado na imagem ao lado. Inicialmente, o professor chama a atenção para a expressão matemática que os estudantes determinaram ao final da atividade anterior (LAB08A). O professor mostra rapidamente como essa expressão foi determinada através do diagrama vetorial. Ele pergunta aos estudantes a que tipo de função a expressão matemática corresponde, mas nenhum estudante propõe uma resposta. No quadro, também podemos ver desenhado o diagrama vetorial múltiplo (segunda imagem), por meio do qual os estudantes obterão as medidas necessárias para a construção de um gráfico.</p> <p>A seguir, o professor entrega um conjunto bússola-bobina para cada grupo, para que os estudantes acompanhem a descrição do funcionamento do dispositivo, ressaltando que este dispositivo segue o mesmo princípio daquele que foi usado no LAB08, sendo entretanto, mais sofisticado que o anterior, permitindo obter medidas mais precisas.</p>	 

Quadro 4.3: **Grupo H** – Sequência cronológica das atividades desenvolvidas pelo grupo, nas quais ocorrem os eventos de interesse. Nestes episódios, as ações dos estudantes estão associadas, direta ou indiretamente, ao artefato primário “regra da motocicleta”.

Data	Atividade desenvolvida – Breve descrição do cenário
09/07	<p>Aula de classe – Tutorial 7 – Interações magnéticas – parte III – Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira retangular e em solenoides – Seções A e B – Espiras de corrente.</p> <p>A situação-problema enfrentado pelos estudantes nesse episódio envolve o reconhecimento das propriedades magnéticas de uma espira percorrida por corrente elétrica e sua semelhança com um ímã em forma de barra. A imagem mostra a espira, conforme é apresentada no tutorial. Um modelo físico dessa espira é usado pelos estudantes.</p> <p>Nas primeiras tentativas para tentar encontrar um campo magnético que se assemelhe ao campo de um ímã, os estudantes evocam a regra da mão direita para a força magnética (“regra do tapa”)¹⁶. Eles começam a pensar em forças que atuam sobre fios paralelos percorridos por corrente elétrica. Com pouca convicção, falam em resultante de vetores, que representariam os campos magnéticos no centro da espira. Entretanto, os estudantes não conseguem coordenar esses artefatos culturais e se confundem no enfrentamento da questão, uma vez que a “regra do tapa” não ajuda a compreender o problema ora enfrentado pelo grupo.</p> <p>Neste cenário, há várias tentativas de explicação que caracterizam processos de redescritção representacional incompletos, no sentido de que não alcançam uma conclusão satisfatória. O interessante, do ponto de vista da pesquisa, é o fato de que os próprios estudantes percebem que suas explicações são inadequadas e insuficientes; eles estudantes reconhecem que ainda há obstáculos a serem superados. O problema enfrentado exige a habilidade de raciocínio espacial e pode ser compreendido por um dos artefatos culturais que eles utilizaram no último encontro. O posicionamento do professor em não responder às dúvidas dos estudantes está coerente com a orientação para o desenvolvimento de atividades com tutoriais, os quais colocam os estudantes deliberadamente em situação de desconforto produtivo e como protagonistas.</p>
14/07 (manhã)	<p>LAB08A – Campo magnético terrestre – parte I.</p> <p>Os estudantes se preparam para efetuar as medidas com as quais deverão obter uma relação matemática envolvendo o campo magnético terrestre e o campo magnético da bobina, objetivo final desta atividade. A orientação é que eles devem posicionar o equipamento de tal forma que o plano da bobina fique alinhado com o campo magnético da Terra.</p> <p>Os estudantes discutem a respeito da polaridade do campo produzido pela bobina, quando esta é percorrida por corrente elétrica.</p> <p>Neste cenário, Thales usa a “regra da motocicleta” e indica corretamente a polaridade da bobina por diversas vezes, mencionando inclusive em que sentido a corrente deveria percorrer a bobina para corresponder à polaridade indicada. A imagem mostra Thales indicando a polaridade da bobina com as mãos espalmadas, paralelas às faces da bobina. Veremos que Thiago não concorda, mas seu</p>



¹⁶ A regra da mão direita para a força magnética (“regra do tapa”) é utilizada para determinar a força que atua em um condutor percorrido por corrente elétrica, na presença de um campo magnético, ou para determinar a força que atua em uma partícula carregada eletricamente que se move em um campo magnético. Não daremos a esta regra a mesma atenção dada à “regra da motocicleta”, pois ela não será o artefato principal com que os estudantes enfrentarão seus desafios.

	argumento é factual, baseado na autoridade do professor.
14/07 (tarde)	<p>Aula de classe – Tutorial 7 – Interações magnéticas – parte III – Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira retangular e em solenoides – Seção C – Solenoides.</p> <p>Esta aula ocorreu à tarde, no mesmo dia da aula do episódio central. O professor faz uma preleção por meio da qual resgata o que foi tratado na aula de classe anterior, cinco dias atrás, sobre o uso da “regra do tapa” e também da “regra da motocicleta”, introduzindo a nova situação-problema que os estudantes enfrentariam nesta atividade – o solenoide. Durante a preleção, Elisa se manifesta pelo grupo, dizendo que na seção anterior do tutorial, que tratava do princípio do motor, eles utilizaram a ideia da espira como se fosse um pequeno ímã em forma de barra. O professor acolhe a intervenção de Elisa, concordando com ela. Este problema, enfrentado na seção B do tutorial, pode ser abordado tanto pela “regra do tapa” quanto pela “regra da motocicleta”, como fez o grupo <i>H</i>.</p> <p>Ao tratar do solenoide, o professor resgata o uso da “regra da motocicleta” para uma única espira e depois define o que é um solenoide, apontando que o desafio da atividade será representar o campo magnético de um solenoide e entender como esse campo magnético se comporta.</p> <div data-bbox="483 763 1305 947" data-label="Image"> </div> <p>Para ilustrar sua fala, o professor desenha uma espira em corte no quadro e resgata o uso da “regra da motocicleta” para essa espira. A imagem acima foi retirada do caderno de um dos estudantes da turma. É uma reprodução do desenho feito pelo professor no quadro.</p> <p>O professor dá aos estudantes uma pista de como compreender o problema ao desenhar uma segunda espira no quadro (conforme imagem), chamando atenção para que eles avaliem o que ocorreria caso as duas espiras fossem aproximadas. O campo de um solenoide pode ser entendido como uma sobreposição dos campos magnéticos de várias espiras suficientemente próximas umas das outras, mas o professor não menciona isso diretamente. A preleção, faz com que Thales exponha uma interpretação pessoal equivocada da orientação das linhas de campo no interior da espira. Neste evento, ele parece finalmente perceber que, aplicando a “regra da motocicleta” para uma espira, as linhas de campo em todos os pontos da parte interna da espira têm a mesma orientação, se superpondo de forma a reforçar o campo magnético.</p>

4.3. ANÁLISE EM SEGUNDO NÍVEL

Após a necessária redução dos dados primários, ainda no primeiro nível de análise, podemos retornar aos dados para procurarmos evidências que nos permita responder à primeira e segunda questões de pesquisa, diretamente associadas a eventos de inflexão e a mecanismos de cognição compartilhada:

- (1) Que tipo de estímulos, indicadores de eventos de inflexão, podem ser reconhecidos como catalisadores de processos de redescritção representacional?
- (2) Que mecanismos de cognição compartilhada estão presentes na socialização de sentidos atribuídos a conceitos/artefatos culturais?

Para isso, introduzimos, nessa segunda aproximação aos dados, mais dois critérios de filtragem: (3) o processo de redescrição representacional deveria estar associado a recursos cognitivos subjacentes, que chamamos preliminarmente de mecanismos de cognição compartilhada; e (4) o processo de redescrição representacional deveria ser motivado por um evento de inflexão. Esse procedimento permitiu uma segunda redução nos dados.

Assim, passamos a investigar se os eventos em que ocorriam processos de redescrição representacional, identificados em primeiro nível, atendiam aos novos critérios de enquadramento, que nos permitissem caracterizá-los como prototípicos. A incursão aos dados, nessa etapa mostrou que os processos de redescrição representacional eram objetivados em associação a ações intencionais nas situações de sociogênese, correspondendo ao que nós chamamos de mecanismos de cognição compartilhada. Esses mecanismos, por sua vez, possuíam algumas características particulares, sendo possível categorizá-los como indicadores de ações específicas.

Dessa maneira, os processos de redescrição representacional deveriam apresentar três características: (1) a expressão verbal ou gestual do sujeito deveria estar associada ao artefato cultural primário; (2) a materialidade do processo se constituiria por meio da objetivação cultural de mecanismos de cognição compartilhada e, (3) a emergência do processo deveria ser associada a um evento de inflexão. Por sua vez, eventos de inflexão prototípicos, inter-relacionados aos processos de redescrição representacional, configurar-se-iam, no âmbito desta pesquisa, ao contemplar duas características: (1) sinalizar alguma mudança no fluxo da atividade, percebida no comportamento cognitivo, ou nos aspectos sociais ou culturais da atividade, como previsto nos preceitos da análise microgenética; e (2) estimular um processo de redescrição representacional.

As mudanças em curso no domínio microgenético indicam o início de um processo sociogenético de (re)construção de sentidos, objeto da pesquisa, essencial para a apropriação do conhecimento científico escolar. Os indicadores de eventos de inflexão e de mecanismos de cognição compartilhada são mostrados no quadro 4.4, a seguir. Eles são o resultado de um processo de análise recursivo. Estão em destaque (fundo cinza) os indicadores que foram consolidados no terceiro nível de análise.

Quadro 4.4: Indicadores de eventos de inflexão, com destaque para aqueles indicadores que foram consolidados no segundo e terceiro níveis de análise (campos sombreados).

Indicadores	Descrição
Epifania	Reação emocional súbita e espontânea de admiração, ou de satisfação pela compreensão de um fenômeno ou da solução de um problema. Trata-se de uma ação autorreguladora, no sentido de que é um reconhecimento reflexivo de uma mudança intramental. Também conhecidos como episódios de “a-ha!” (CLEMENT, 1989).
Interposição de questionamento indefinido	Quando o estudante interpõe uma questão relevante, de forma enfática, que indica uma discordância acerca das ideias que estão estruturando as ações do grupo. O questionamento pode se referir a algo mal compreendido na fala de alguém, ou em um texto que está sendo lido, ou a um artefato que esteja em uso naquele momento.
Interposição de questionamento com argumentação	Quando o questionamento feito a um colega é acompanhado de um argumento que vai contra a ideia em andamento ou posta por outrem. Mais que isso, quem questiona apresenta, mesmo que de forma incipiente, uma opção diferente para tratar do mesmo problema.
Intervenção de segurança	Alguém questiona o interlocutor de maneira que o questionamento é, ao mesmo tempo, uma orientação para solucionar o problema. Por essa característica, é lícito esperar que seja exercido pelo professor.
Pedido de ajuda	Pedido explícito de ajuda diante de um obstáculo aparentemente intransponível sem a intervenção de outrem. Sempre associado ao uso de artefatos culturais, aos quais o estudante faz referência ou está fazendo uso naquele momento, em relação ao qual ele manifesta sua dificuldade. Pode ocorrer tanto com os artefatos disponíveis nas atividades experimentais, como equipamentos de medida, expressões matemáticas ou vetores.
Reconhecimento de erro cometido	Reconhecimento de erro cometido ao manusear artefatos como equipamentos de laboratório ou outros objetos de conhecimento como equações, gráficos ou diagramas.
Reconhecimento de insegurança conceitual	Quando um dos sujeitos demonstra reconhecer certa insegurança do outro em relação a alguma explicação dada ou com relação a um conceito/artefato; em vista desse reconhecimento, intervém na atividade e propõe alguma explicação adicional.

Conforme os critérios de filtragem elencados no primeiro parágrafo dessa seção, os processos de redescrição representacional devem ser associados a mecanismos de cognição compartilhada. O quadro 4.5 descreve os indicadores de processos de redescrição representacional. Também neste quadro, os indicadores consolidados nos níveis posteriores de análise estão destacados em campos sombreados.

Quadro 4.5: Indicadores de mecanismos de cognição compartilhada, subjacentes a processos de redescrição representacional. Identificados preliminarmente no primeiro nível de análise, destacamos aqueles que foram consolidados no segundo e terceiro níveis de análise (campos sombreados).

Indicadores	Descrição
Ação coordenada colaborativa	Este mecanismo cognitivo foi proposto com base nos conceitos de intencionalidade e de recursividade da mente (João sabe que Maria sabe que ele [João] sabe), conceitos definidos por Tomasello (NUNGESESSER, 2012). Ele ocorre quando os sujeitos envolvidos são capazes de compreender imediatamente as intenções –

	<p>muitas vezes implícitas – do outro e agir prontamente, colaborando para que a ação se realize. Os movimentos dos agentes envolvidos emergem em suas ações de forma sintonizada e complementar, configurando a construção social de sentidos. A participação de cada um incorpora o objetivo e intenções de outrem como na rede de interações sociais (ROSSETTI-FERREIRA; AMORIM; SILVA, 2000, p. 5).</p>
Coordenação de perspectivas antagônicas	<p>Habilidade de coordenar perspectivas conflituosas, percebendo eventuais erros ou lacunas conceituais que impedem que um outro sujeito compreenda o uso de um conceito/artefato cultural em determinada situação. Esta habilidade exige muito mais domínio conceitual do que a coordenação de perspectivas complementares. Por isso, esse papel é normalmente desempenhado pelo professor. Como a coordenação de perspectivas complementares, pode também incorporar novas formas comunicativas na ação, como gestos alegóricos ou recurso a desenhos esquemáticos elaborados no momento.</p>
Coordenação de perspectivas complementares	<p>Habilidade de relacionar diferentes formas de representar o mesmo problema, passando de uma a outra com desenvoltura e segurança. Normalmente incorpora novas formas comunicativas na ação, como gestos alegóricos ou recurso a desenhos esquemáticos elaborados no momento. Essa habilidade se desenvolve devido a um aumento da flexibilidade do pensamento, pela incorporação de novos repertórios comunicativos (TOMASELLO, 2003, p. 232–242).</p>
Formalização de causa e efeito	<p>O estudante destaca na situação-problema, ainda que de forma inconsciente, um agente e um paciente, formalizando o que seria a causa de um fenômeno observado, indicando eventuais consequências.</p>
Inclusão de paráfrase	<p>Quando o estudante opta em resgatar uma definição em vez de dizê-la com suas próprias palavras, por exemplo pela leitura de algum trecho do texto onde aquela definição se encontra. A paráfrase, neste caso, deve estar contida em uma argumentação mais ampla.</p>
Materialização de idealidade	<p>Substituição de certos artefatos indisponíveis ou reconhecidamente abstratos por objetos comuns ou por um conjunto deles, disponíveis no contexto. A esses materiais se atribui alguma semelhança analógica com o artefato cultural que se queira representar, seja ele concreto ou abstrato. Trata-se do reconhecimento de que a materialidade ajuda a compreender ideias abstratas.</p>
Recontextualização	<p>Alusão a um outro contexto no qual, em outra oportunidade, supostamente recorrera-se aos mesmos artefatos/conceitos utilizados na presente situação-problema. Compara-se, como argumentação, o uso do mesmo artefato nas duas situações, apontando eventuais semelhanças (principalmente) e/ou diferenças.</p>
Reorganização de recursos disponíveis	<p>Reelaboração de novos argumentos utilizando relações matemáticas ou conceituais com a reorganização de dados ou de recursos que já se encontram presentes na situação-problema enfrentada. O sujeito recorre, por exemplo, a dados de uma tabela ou aos próprios materiais utilizados em um experimento, para reconstruir o argumento.</p>

A descrição dos indicadores apresentados nesta seção começou a se configurar desde o primeiro nível de análise e foram se consolidando cada vez que os dados eram revisitados nos demais níveis. Além disso, as categorias listadas nos quadros anteriores não distinguem de qual conjunto de dados elas se originaram, se nos dados do grupo *C* ou do grupo *H*. Isto não foi uma estratégia metodológica proposta de antemão, mas se constituiu ao longo do desenvolvimento da pesquisa. De fato, as categorias foram (re)construídas ao longo do processo, com refinamentos sucessivos que se originaram da análise dos dados dos dois

grupos.

4.4. ANÁLISE EM TERCEIRO NÍVEL

A análise feita em primeiro e segundo níveis trouxe algumas respostas parciais à primeira e segunda questões de pesquisa, com as quais foi possível apontar, em caráter ainda precário, indicadores de eventos de inflexão e de mecanismos de cognição compartilhada. A análise em terceiro nível tem o objetivo de corroborar essas respostas, consequência do processo de análise recursivo, além de responder à terceira e quarta questões:

- (3) Que comportamentos sociais-culturais, observados nos episódios de sociogênese, podem ser destacados como facilitadores ou inibidores da apropriação de conceitos/artefatos culturais?
- (4) Que fatores, observados nas atividades de aprendizagem colaborativa, indicam que o protagonismo dos estudantes favoreça processos de aprendizagem conceitual?

Assim, a análise dos dados neste nível, foi feita em função dos temas a que se referem as questões de pesquisa, às quais serão revisitadas nas considerações finais, quanto retomaremos alguns pontos tratados nesta seção.

Conforme o delineamento metodológico, no terceiro nível de análise, dedicamos especial atenção à conduta dos sujeitos do grupo na construção social de sentidos. Os mecanismos de cognição compartilhada, subjacentes a processos de redescrição representacional, nos ajudaram a compreender como se dão as trocas culturais que se originam com os eventos de inflexão. O esquema mostrado na ilustração 3.3, à pág. 109, que define um episódio de cognição cultural, constitui-se no artefato cultural que medeia as ações dos pesquisadores. A identificação de episódios de cognição cultural e as decisões tomadas na [seção 3.4.3](#) passaram a orientar nossa estratégia de análise, neste nível.

Dessa maneira, começamos nossa análise por um episódio que chamamos de episódio central. Em seguida, retornamos a um episódio anterior ao episódio central (relacionados pelo uso do mesmo artefato cultural), e depois avançamos, retomando a análise de um episódio posterior ao episódio central. Todos os episódios analisados são episódios de cognição cultural. A decisão de não seguir a cronologia de ocorrências, apresentando primeiro um episódio central, depois retrocedendo a um episódio anterior para novamente avançar, procura evitar a contaminação da análise com o viés positivista contido na concepção de evolução

conceitual progressiva e linear.

A análise desses episódios, em terceiro nível, busca consolidar eventos de inflexão e mecanismos de cognição compartilhada, contrastando a emergência deles no conjunto de dados analisados para os dois grupos. Paralelamente, a fim de respondermos à terceira questão de pesquisa, exploramos algumas ocorrências do que consideramos como aspectos inibidores da aprendizagem que, sob certas circunstâncias, dificultam a construção de sentidos. Além disso, no terceiro nível de análise, voltaremos nossa atenção também à quarta questão de pesquisa, que com a qual pretendemos avaliar até que ponto o protagonismo assumido pelos estudantes contribui para a aprendizagem conceitual.

Para melhor organizar a exposição descritiva que caracteriza a análise em terceiro nível, decidimos, a partir deste ponto, proceder à análise de cada grupo em separado. Assim, as próximas seções destacam a análise dos dados começando pelo grupo *C* e terminando com o grupo *H*. Entretanto, antes de começarmos a análise de fato, decidimos apresentar as características de cada grupo para que o leitor se familiarize minimamente com o perfil dos protagonistas envolvidos. Isso foi feito na abertura das seções destinadas a cada um dos grupos.

4.4.1. O grupo C

Caracterização

Os estudantes deste grupo mostram-se comprometidos com o trabalho; eles estiveram presentes em todas as aulas no período analisado. O trabalho do grupo apresenta características do trabalho colaborativo; há muitas discussões sobre os temas em estudo, e os estudantes colaboram uns com os outros no sentido de esclarecer dúvidas relacionadas aos artefatos culturais em uso, sobre a própria condução da atividade ou da elaboração do relatório; durante as aulas de laboratório. Entretanto, em algumas oportunidades, eles utilizam também estratégias típicas de trabalhos cooperativos como a divisão do trabalho, em que todos cooperam individualmente para a elaboração de um produto final. No contexto dessa pesquisa percebemos que esta atitude é influenciada pelas normas do contexto escolar, especialmente aquelas relacionadas à avaliação do trabalho escolar e às restrições impostas por prazos.

As decisões do grupo acerca das tarefas intermediárias que devem ser realizadas no desenvolvimento da atividade sempre passam por Pedro. Ele é considerado pelo grupo um colega capaz de dar suporte às dúvidas que os demais apresentam; os colegas costumam se apoiar no que ele diz. Às vezes demonstra um pouco de impaciência, reagindo com ironia quando os colegas perguntam a ele alguma coisa para a qual considera a resposta óbvia. Tem o hábito de se adiantar nas etapas da atividade, deixando Sofia e Caio para trás. Nessas situações, ele vai até o professor e antecipa suas dúvidas.

Sofia exerce uma certa liderança organizacional. Quando ela quer, o grupo trabalha com dedicação. Claro que, como todo adolescente, muitas vezes ela se permite distrair com outros assuntos e se desconcentra da atividade. É possível perceber que ela tem uma certa dificuldade em se apropriar dos conceitos relacionados ao tópico estudado, confundindo frequentemente uns conceitos com outros, mas é persistente em procurar compreendê-los. Nunca se omite nas discussões e explicações das situações. Em várias oportunidades, observamos que Sofia fica após o término das aulas para pedir esclarecimentos adicionais ao professor. Nesses momentos, ela se vale dos esquemas e desenhos que estão no quadro, ou de suas próprias anotações, para fazer algumas perguntas ao professor.

Caio é colaborador, mas, geralmente, não toma iniciativa. Tem participação discreta nos eventos que selecionamos para análise, mas não chega a ser displicente. A impressão que temos é a de que suas ações têm o intuito de colaborar para terminar a atividade; nesse sentido, seu engajamento é comportamental. Às vezes, ele faz intervenções importantes, mesmo sem ter segurança daquilo que fala. Eventualmente, costuma se valer da observação da experiência de outros grupos para defender seus argumentos ou algumas decisões que o grupo precisa tomar diante das tarefas. Apesar disso, vemos que sua participação é importante para o grupo. Muitas vezes ele chama a atenção dos colegas quando acha que eles não estão discutindo o assunto de maneira compartilhada. Em uma certa passagem, chama a atenção do Pedro, que estava tomando decisões sozinho e se adiantando em relação ao grupo: “Pedro, isso aqui é um grupo, tá? Você não está se comportando como grupo. Você chama o professor e a gente fica com cara de palerma”.

Notas prévias à análise

O episódio central, por onde começamos a análise dos dados do grupo C, aconteceu na atividade LAB08B – elaboração do relatório sobre a atividade “Campo magnético terrestre –

parte I”. A seguir, demos um passo atrás, voltando nosso olhar para o episódio ocorrido antes do episódio central, recortado do LAB08A – atividade na qual os estudantes coletaram dados com os quais viriam a produzir o relatório. Em seguida, avançamos para o episódio posterior ao episódio central, um segmento da atividade LAB09A – Campo magnético terrestre – parte II.

Cada um dos segmentos destacados nas atividades constitui um episódio de cognição cultural, com um evento de inflexão e um processo de redescrição representacional, associado a respectivos mecanismos de cognição compartilhada. Exploraremos os episódios de cognição cultural para descrever os mecanismos de cognição compartilhada, apontando indícios de consolidação do uso dos artefatos/conceitos envolvidos na condução da atividade nas ações implementadas para resolver problemas intermediários, orientadas ao objetivo específico da atividade. O quadro 4.6, a seguir, mostra a sequência cronológica das atividades às quais destinamos nosso esforço investigativo.

Quadro 4.6: Cronologia dos episódios em que ocorrem os eventos de interesse para o grupo C. O episódio central está destacado com fundo cinza.

Data	Atividade desenvolvida	Episódio
14/07	LAB08A – Campo magnético terrestre – parte I.	Episódio que antecede o episódio central.
20/07 a 02/08	PERÍODO DE FÉRIAS ESCOLARES – DUAS SEMANAS	
04/08	LAB08B – Relatório – Campo magnético terrestre – parte I.	Episódio central.
11/08	LAB09A – Campo magnético terrestre – parte II.	Episódio posterior ao episódio central.

Episódio central

Atividade de laboratório LAB08B – 04/08/2015
Relatório da atividade “Campo magnético terrestre – parte I”

Neste episódio, Sofia, Pedro e Caio, constroem, em conjunto o texto do relatório referente ao LAB08A, atividade realizada na última aula de laboratório, que ocorreu antes do período de férias escolares, há 21 dias. Na proposta de divisão do trabalho, Caio ficou responsável por fazer a Introdução do relatório. Para isso, ele utiliza o texto de referência (AMALDI, 1997, p. 334). O professor levou vários exemplares do livro para a sala para que

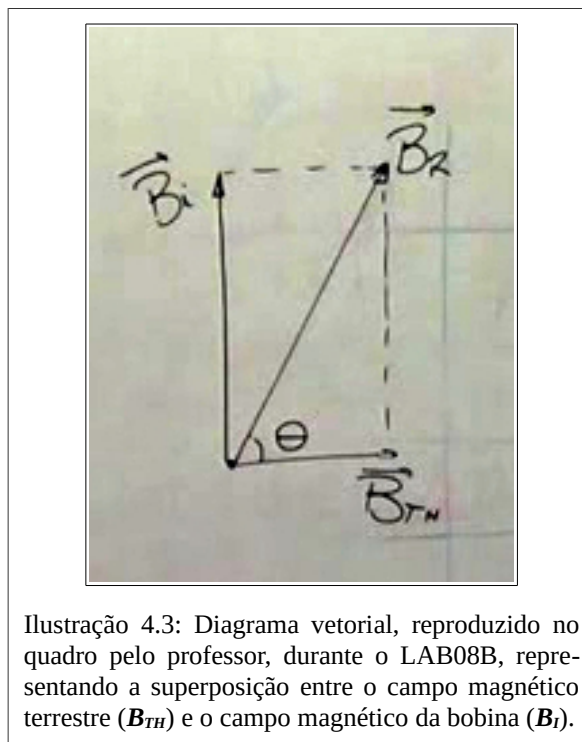
os estudantes pudessem consultar, caso sentissem necessidade de fazê-lo. É importante destacar que nas aulas de relatório o professor não acompanha os estudantes o tempo todo; ele dá instruções iniciais, volta uma vez mais para dirimir eventuais dúvidas e retorna no final para sortear um estudante de cada grupo, o qual entregará o caderno para avaliação do relatório. No entanto, quando há necessidade, os estudantes têm a liberdade de procurá-lo na outra sala, onde ele acompanha a outra subturma. Para a elaboração do relatório, eles consultam o próprio caderno de laboratório, onde anotaram dados da atividade que julgaram relevantes. Os estudantes podem, também, acessar a internet via telefone celular.

Cenário

No início da atividade é possível observar que eles fazem referência a vários conceitos do sistema simbólico, artefatos culturais secundários como “corrente elétrica” ou “linhas de campo”, ou a equipamentos de medida como “fonte de tensão”, e convenções conceituais como polo norte e polo sul.

As sugestões do Pedro para a construção do texto são aceitas na sua maioria, o que não significa que não haja discussão sobre o assunto. Caio e Sofia participam ativamente e precisam ser persuadidos com argumentação convincente. Pedro acaba exercendo uma liderança nesse sentido, pois mostra maior segurança no uso dos artefatos culturais necessários para o desenvolvimento da tarefa. Em muitos eventos, nós o veremos compartilhando o sentido pessoal desses artefatos com o grupo, o que enriquece muito as discussões entre eles.

Quando o professor chega na sala para a preleção, já haviam decorridos 20 minutos da aula. Nesse tempo, os grupos já haviam começado a produção do texto, seguindo um modelo canônico de relatório, com as seguintes seções: Introdução, Objetivos, Procedimentos e Métodos, Análise dos Resultados e Conclusão. O professor faz a preleção, que inclui a reprodução, no quadro, do diagrama vetorial que representa a superposição entre os dois campos magnéticos (ilustração 4.3). Naturalmente, esse diagrama é o mesmo – com pequenas diferenças – daquele que foi feito pelo professor, no quadro, no LAB08A, que está na ilustração 4.9 (pág. 143). Em ambas as situações, o diagrama foi utilizado pelos estudantes para deduzir a expressão matemática que representa a relação entre os dois campos magnéticos. Durante a preleção, o professor deixa explícito esse objetivo, mas, mesmo assim, Sofia solicita sua presença para esclarecer dúvidas.



No cenário apresentado no quadro 4.7, destacamos que os estudantes do grupo C ainda não haviam explicitado, em nenhum momento, o objetivo da atividade, embora o professor o tenha feito. Isso nos faz pensar que suas ações não estão conscientemente relacionadas ao objetivo principal. Ou seja, neste momento eles devem estar agindo apenas em função das normas sociais da escola – redigir o relatório, cumprindo a tarefa que lhes foi dada para obter a avaliação do trabalho. Para atingir o objetivo da atividade, que não lhes parece claro neste momento, eles precisam utilizar e dominar o diagrama vetorial, artefato cultural primário em destaque na nossa análise.

O segmento descrito no quadro 4.7 revela, de um lado, uma insegurança conceitual característica da estudante Sofia. Nós observamos algumas vezes que ela fica após a aula, principalmente nas aulas de classe, para tirar algumas dúvidas com o professor. Ele nos confirmou que esse comportamento é frequente. Sofia sempre se sente segura quando os colegas de grupo caminham de acordo com o estabelecido pela autoridade do professor. De outro lado, Pedro se mostra bastante confiante nas ideias que desenvolve, mesmo que estas não estejam de acordo com as orientações procedimentais explicitadas no roteiro ou indicadas pelo professor. Esse confronto estará sempre presente nos episódios destacados para o grupo C, como no cenário descrito no quadro 4.7, a seguir.

Nesse caso, parece-nos que Sofia espera uma orientação direta do professor, o que não ocorre; ainda assim ela não presta suficiente atenção à explicação do colega sobre as diferenças entre o diagrama vetorial que eles fizeram na aula anterior e aquele que o professor acaba de desenhar no quadro.

Quadro 4.7: **Cenário:** As atitudes dos estudantes do grupo C demonstram que eles estão agindo sem a devida clareza do objetivo da atividade. Sem essa clareza, Sofia adota inadvertidamente o diagrama proposto pelo professor (desenhado no quadro), enquanto Pedro sugere que utilizem o diagrama que eles desenvolveram na aula anterior. Os diálogos completos do cenário podem ser consultados no APÊNDICE A, pág. 235.

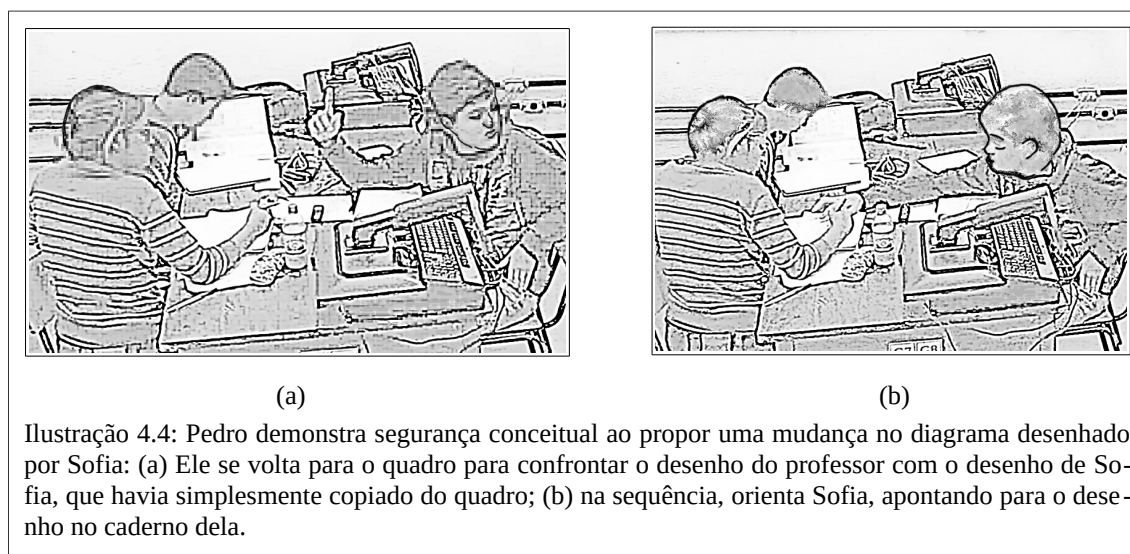
Registro principal: Segmento: 20:50 a 23:39 (C-04-agosto-15-LAB08B-1.mp4); Segmento: – 00:30 a 01:31 (C-04-agosto-15-LAB08B-3.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial, construído na atividade prática LAB08A. Artefato secundário: relações trigonométricas no triângulo retângulo.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
1	Sofia	É, uai. A relação do seno e cosseno é tangente... Mas qual vai ser esse ângulo?	Sofia se dirige aos colegas ao mesmo tempo que acena para o professor. Ele vai até o grupo.
2	Sofia	Professor, como a gente vai saber o ângulo? A gente já vai saber o ângulo certinho?	
3	Professor	Você mediram o ângulo, não mediram?	
4	Sofia	Mas a gente mediu várias vezes.	
5	Professor	Sim, mas o ângulo aqui é genérico, teta, porque ele pode assumir vários valores.	
6	Sofia	Então, a gente vai usar a relação de tangente e pegar um valor aqui, qualquer, e calcular a tangente?	A insistência de Sofia para fazer um cálculo e obter um valor, a nosso ver, caracteriza uma insegurança pessoal com a realização da tarefa, que revela “desconhecimento” do objetivo da atividade. Nos parece que a obtenção de um valor numérico lhe daria essa (falsa) segurança.
7	Professor	Não, vocês não têm que fazer conta nenhuma nesse relatório.	
8	Sofia	A gente só tem que explicitar qual a relação matemática...	
[...] Após a saída do professor.			
9	Sofia	Como é que a gente vai explicar a relação matemática? Eu vou colocar: “A relação matemática que relaciona...” ... É assim?	Apesar do pedido de ajuda, ela não quer uma explicação, ela quer uma frase pronta diante da necessidade de terminar a tarefa. Esse comportamento da Sofia já havia sido identificado em outra situação.
10	Pedro	A tangente de teta vai ser igual à razão entre o B_T dividido pelo B_L ... Só que... eu te recomendo trocar esses dois.	Ele olha para o quadro e se volta apontando para o diagrama no caderno da Sofia (ilustração 4.4).
11	Sofia	Por que?	
12	Pedro	Porque o nosso ficou assim. O nosso é	Demonstrando convicção de que o diagrama que

		o B_T que ficou na vertical.	eles fizeram na aula passada está correto, mesmo sendo diferente daquele proposto pelo professor. De fato, está correto.
13	Sofia	Mas então pode apagar aqui também, né? ... < Não, não pode não!	Ela aponta para um papel que está sobre a mesa, provavelmente um rascunho do diagrama vetorial. Mas se arrepende da sugestão. Eles negam em conjunto.
14	Pedro	< Não.	Parece que Sofia percebe que há algo incoerente no diagrama, mas se mostra insegura diante da convicção demonstrada pelo colega.

Por outro lado, parece-nos claro que Pedro tem consciência de que o diagrama que eles fizeram na última aula de laboratório está correto, apesar dos 21 dias decorridos em função das férias escolares. Ele demonstra segurança ao sugerir a troca da identificação dos vetores. Ele olha para o diagrama que o professor desenhou no quadro e olha para o de Sofia (desenhado no caderno dela), sugerindo a troca dos nomes dados aos vetores, conforme



vemos no quadro 4.7 (turnos 10 a 12); a ilustração 4.4 mostra esse segmento. A diferença com o diagrama do professor é que o professor trabalhou em seu modelo com a corrente elétrica em sentido oposto ao que o grupo *C* utilizou.

Na sequência, o professor responde às perguntas feitas pelo grupo *C* e também de outros grupos. Ele deixa a sala, mas retornará uma vez mais para saber se há alguma nova demanda e também para sortear um caderno de cada grupo para avaliação. No grupo *C* o caderno sorteado foi o de Sofia.

Esta passagem está de acordo com nossas observações de campo, que começaram bem antes das gravações. A análise preliminar dos vídeos mostraram que, apesar do empenho do

grupo em resolver as tarefas, seus integrantes se precipitam em agir sem que os objetivos da atividade estejam explicitados. Eles trabalham com uma estratégia de ação baseada na divisão do trabalho. Especificamente nesta aula, Caio propôs que fizessem o relatório juntos, ou “... fazer como o grupo da Elisa (grupo *H*), em que um escreve enquanto os outros ditam o que deve ser escrito”. Entretanto, sua proposta não convence os outros e ele acaba se dedicando a fazer a introdução do relatório.

Nesse cenário, eles começam a escrever o relatório de forma independente. Enquanto Caio se dedica à Introdução, Pedro assume a seção de Conclusão. Sofia toma para si a tarefa de construir as outras seções – as mais extensas. No entanto, ela não dispensa a ajuda dos colegas de grupo. Cabe ressaltar que a adoção dessa estratégia de divisão do trabalho, em todas as aulas de relatório que acompanhamos, não diminui a riqueza das interações no plano das relações intersubjetivas, como veremos.

Evento de Inflexão

Eventos de inflexão e processos de redescrição representacional são muito comuns nesse grupo, especialmente protagonizados por Sofia e Pedro. Logo na sequência dos eventos transcritos no cenário, podemos identificar um evento de inflexão prototípico, catalisador de um processo de redescrição representacional protagonizado por Pedro. Estimulado pela colega, que solicita ajuda para escrever a equação matemática no relatório, ele percebe que há uma inconsistência entre o diagrama vetorial que Sofia pretende usar (baseado no do professor) e o diagrama que eles construíram na aula anterior, que são complementares, no sentido de que ambos estão corretos. Ele então sugere uma mudança no diagrama, conforme diálogo transcrito (quadro 4.7, turnos 9 a 14).

Na continuação da atividade, a inconsistência do diagrama vetorial ressurgiu, motivando o evento de inflexão que destacamos a seguir, no qual Sofia coloca em dúvida a proposta de redação da conclusão elaborada por Pedro (quadro 4.8, turnos 15 e 18). Ela protagoniza o evento de inflexão caracterizado como *interposição de questionamento com argumentação*. Ele é suficiente para provocar o estado de atenção conjunta, interrompendo e redirecionando o fluxo da ação, catalisando o processo de redescrição representacional que viria a seguir.

Quadro 4.8: **Evento de inflexão:** Sofia provoca uma interrupção no fluxo da ação questionando a interpretação do Pedro acerca do campo magnético da bobina (turno 15). Veremos que se trata de um falso antagonismo; essa ação da Sofia vai desencadear vários eventos que caracterizam processos de redescrição representacional. A transcrição completa dos diálogos, que inclui o evento de inflexão e o processo de redescrição representacional podem ser consultadas no APÊNDICE B, pág. 237.

Registro principal: Segmento 18:05 a 20:02 – (C-04-agosto-15-LAB08B-3.mp4)

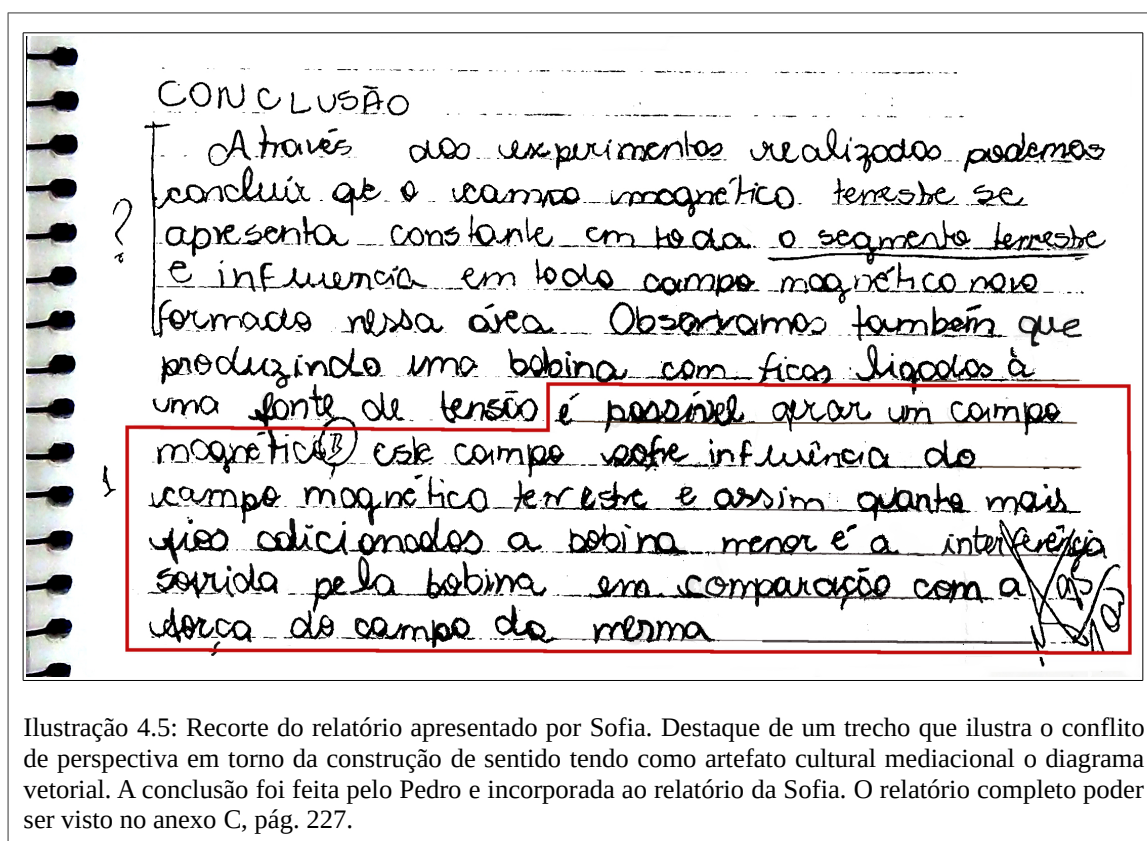
Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial, construído na atividade prática LAB08A. Artefato secundário: relações trigonométricas no triângulo retângulo.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
15	Sofia	Pedro! Aqui... não é maior, não? Porque, quanto mais bobinas [espiras] a gente for colocando...	Sofia está conduzindo seu raciocínio por um caminho correto; quanto maior o número de espiras maior seria a intensidade do campo magnético gerado por ela.
16	Pedro	< ... menor a interferência.	
17	Caio	< Não, está diminuindo.	Ao mesmo tempo que o Pedro.
18	Sofia	Mas os graus aqui estão aumentando... vai de 0 a 47, [enquanto] o outro vai de 0 a 20...	Se refere à tabela, anotada no caderno, junto com o diagrama vetorial.
19	Pedro	Presta atenção aqui, oh. Andou o primeiro, andou muito, não foi? Depois andou um pouquinho menos, aí depois andou mais...	Pedro se refere ao aumento gradativo no desvio angular sofrido pela agulha da bússola quando se acrescenta espiras na bobina. Ele desenha um esboço do diagrama vetorial para auxiliar sua argumentação no plano externo. No plano interno, essa ação ajuda-o a redescrever sua representação do problema.
20	Sofia	Mas, em relação ao outro, né? Porque em relação ao estágio inicial, não. Então você tem que falar...	Sofia está sugerindo uma referência para comparação. Ela tem razão porque está se referindo ao fato de que o campo da bobina, B , aumenta quando o número de espiras aumenta. Essa conclusão é verdadeira, mesmo se considerarmos o diagrama incorreto da Sofia (ilustração 4.6b, pág. 136).
21	Pedro	Quanto mais fios adicionados... tipo assim... se eu tenho um fio lá, vou sofrer uma interferência; se eu colocar dez fios, vou ter uma interferência menor, em comparação com o campo da...	Expressão de dúvida. Procura melhorar seu argumento, associando um exemplo numérico que acredita poder facilitar a compreensão.

Neste caso específico, nossa posição como professores de Física da equipe de coordenação do 2º ano, trabalhando com o mesmo material em outra turma, se mostrou fundamental, pois a explicação dada por Pedro, se analisada apressadamente, poderia ser considerada incorreta. Apesar de muito confusa, sua maneira de pensar faz sentido. De qualquer forma, a suspeita levantada por Sofia motiva Pedro a procurar uma explicação mais convincente, envolvendo o mesmo artefato mediador, que identificamos como evento característico do processo de redescrição representacional, descrito a seguir (quadro 4.9).

A divergência entre os dois, sinalizada pelo questionamento que Sofia faz a Pedro no

turno 15, quadro 4.8, tem origem na última frase que Pedro colocou na conclusão do relatório: “este campo [da bobina] sofre influência do campo magnético terrestre, e assim, quanto mais



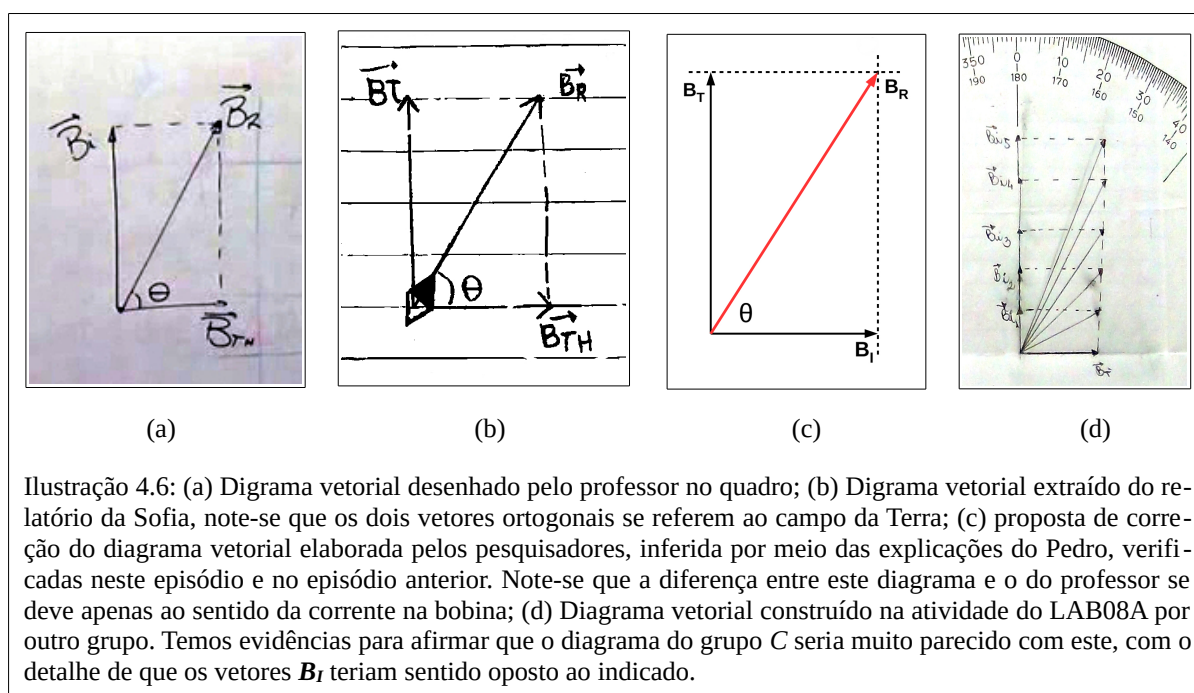
“fios adicionamos à bobina, menor é a interferência sofrida pela bobina em comparação com a força do campo da mesma” (ilustração 4.5). As transcrições, na íntegra, do rico diálogo entre Sofia e Pedro, que marcam esse episódio, estão registradas no APÊNDICE B, pág. 237.

Do ponto de vista conceitual, o modo de pensar de ambos é reconhecido por nós, enquanto pesquisadores, como uma manifestação de perspectivas diferentes e complementares, característica que eles não foram capazes de perceber.

Para compreendermos qual a origem do questionamento feito por Sofia, precisamos nos referir a dois artefatos. O primeiro é o diagrama vetorial simplificado, que o professor desenha no quadro (ilustração 4.6a). Conforme sugestão do Pedro, descrita ainda no cenário (quadro 4.7, pág. 131), ela “corrige” o diagrama, colocando B_T no lugar de B_I , no eixo y (ilustração 4.6b). Para que o diagrama ficasse coerente com o que eles haviam feito no LAB08A, ela deveria colocar B_I no lugar de B_{TH} , no eixo x (ilustração 4.6c).

O segundo artefato a que nos referimos é o diagrama múltiplo (ilustração 4.6d),

construído na última atividade de laboratório (LAB08A). Esse diagrama, mais complexo, foi desenhado sobre a figura de um transferidor (anexo A, pág. 224). Entretanto, não há registro desse diagrama nos cadernos dos três estudantes; o único diagrama vetorial que eles têm é o do próprio relatório (ilustração 4.6b). Provavelmente, este diagrama foi perdido no período das férias escolares.



Para ilustrar o que seria o diagrama múltiplo, mostramos na ilustração 4.6d um diagrama corretamente construído por outro grupo, ressaltando que no diagrama do grupo C o campo produzido pela bobina, B_I , teria sentido oposto ao apresentado. O que nos permitiu inferir que o grupo C teria feito um diagrama correto é o comentário do professor ao visitar espontaneamente o grupo naquela oportunidade. Ele observa o diagrama que Pedro está desenhando e exclama: “Ah, agora sim!” (apêndice E, pág. 244). Esse evento ocorre durante o LAB08A (episódio anterior ao episódio central, que apresentaremos na próxima seção), ocasião em que os estudantes construíram o diagrama múltiplo (se necessário, ver quadro 4.12, à pág. 149).

Processo de redescrição representacional e mecanismos de cognição compartilhada

O evento que descrevemos a seguir caracteriza, no nível microgenético, o processo de

redescrição representacional que decorre do evento de inflexão que chamamos de *interposição de questionamento com argumentação*. Ao discordar de Pedro, Sofia apresenta um argumento que manifesta uma ideia aparentemente oposta àquela que Pedro havia proposto. Eles debatem sobre a “interferência” de um dos campos magnéticos sobre o outro, neste caso os campos magnéticos da Terra e aquele produzido pela corrente elétrica na bobina. O diálogo entre os dois, registrado no quadro 4.9, é uma continuação do evento de inflexão que acabamos de descrever. Do ponto de vista da Sofia, a “interferência” deveria ser maior e não menor. Essa interpretação está correta se pensarmos que ao aumentar o número de espiras na bobina, o campo magnético que ela produz torna-se mais intenso (o campo da bobina aumenta quando o número de espiras aumenta).

Olhando atentamente as ilustrações 4.6a e 4.6c podemos verificar que se B_I aumenta, a agulha da bússola, representada pela resultante B_R , aproxima-se do vetor B_I , diminuindo o valor do ângulo θ (entre B_I e B_R). Para Sofia, isso significaria uma “interferência maior” sobre o campo da Terra exatamente porque B_I aumenta. Por outro lado, a interpretação que Pedro sustenta, de que a “interferência é menor”, pode ser entendida da seguinte maneira: quanto maior o número de espiras, maior será a intensidade de B_I . Aumentando ainda mais o número de espiras, o vetor B_R , que representa o campo resultante se aproximaria ainda mais do vetor B_I , que representa o campo da própria bobina (“da mesma”, segundo Pedro). Ou seja, na situação em que os vetores B_I e B_R ficam quase do mesmo tamanho – e também muito próximos, “menos interferência ela [a agulha da bússola] sofreria” do campo da Terra. Portanto, eles estão dizendo a mesma coisa, a partir de perspectivas diferentes.

Enquanto a perspectiva que Sofia utiliza é o campo da Terra, e este sofreria interferência do outro campo – o da bobina, Pedro adota como referencial o campo da bobina, que sofreria interferência do campo da Terra. Esse é um exemplo de impasse epistemológico que não poderíamos perceber em situações tradicionais de ensino. No contexto de atividades colaborativas, este tipo de impasse é o motor dos processos de redescrição representacional. Eles são muito produtivos, mesmo quando o debate está fundamentado em situações de falso antagonismo. Ele obriga os sujeitos envolvidos a reformular, ou a redescrever suas representações.

Quadro 4.9: Processo de redescrição representacional: Há uma demanda provocada pela Sofia e Pedro se esforça para fazê-la entender sua interpretação do problema. A discussão fica centralizada entre o Pedro e Sofia, com pouca contribuição do Caio. A transcrição completa dos diálogos, que inclui o evento de inflexão e o processo de redescrição representacional podem ser consultadas no APÊNDICE B, pág. 237.

Registro principal: VID2 (C-04-agosto-15-LAB08B-3.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial, construído na atividade prática LAB08A. Artefato secundário: relações trigonométricas no triângulo retângulo.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
22	Pedro	Quanto mais fios adicionados... tipo assim... se eu tenho um fio lá, vou sofrer uma interferência; se eu colocar dez fios, vou ter uma interferência menor, em comparação com o campo da...	Expressão de dúvida. Procura melhorar seu argumento, associando um exemplo numérico que acredita poder facilitar a compreensão.
23	Sofia	Em comparação com o campo do quê?	
24	Pedro	Com o campo dela.	
25	Sofia	Da mesma, no caso é a bobina, não é? Da agulha, né?	
26	Pedro	Não, não, da bobina... É... da agulha.	Ele parece ter consciência de que seu raciocínio está correto. Entretanto, a nosso ver, seu processo de redescrição representacional da situação ainda não atingiu o nível de abstração necessário para produzir explicações consistentes e fluidas da situação.
27	Sofia	Então tem que colocar. Não é da mesma, é da agulha.	Pedro percebe que seu argumento ainda não convenceu a colega.
28	Pedro	É que a agulha mede o campo da... da mesma, entendeu? Você tem lá um fio que exerce um campo 10, agora eu vou colocar mais nove. Agora eu tenho 10 fios e um campo 100. O campo 10 exerce uma interferência de 4 da Terra, o campo 100 também exerce uma interferência de 4, porque o da Terra é constante, entendeu? É por isso.	Redescrição representacional – reorganização de recursos disponíveis: Notemos que Pedro encontra outra forma de mostrar seu raciocínio, embora notemos que ele usa o termo “exerce” quando deveria dizer “sofre”. A superposição entre os campos é um fenômeno recíproco, mas fica subentendido que para cada espira acrescida, o acréscimo no desvio sofrido pela agulha é cada vez menor.

Neste diálogo, Pedro parece perceber que sua explicação ainda não convenceu a colega. Isso nos leva a inferir que, embora seu raciocínio esteja correto, seu processo de redescrição representacional ainda não atingiu o nível de abstração necessário para produzir explicações mais fluídas e consistentes da situação (DARTNALL, 1994; KARMILOFF-SMITH, 1994). O acompanhamento do diálogo nos mostra que Pedro elabora outra forma de mostrar seu raciocínio, baseada em proporção direta com exemplos numéricos. Embora saibamos que a superposição entre os campos deva ser tratada como um fenômeno recíproco, o uso da expressão “exerce interferência” deixa sua explicação ainda mais confusa. Se ele substituísse a expressão “exerce interferência” por “sofre interferência”, seu raciocínio ficaria

mais claro para seus interlocutores.

O argumento apresentado por Pedro, para tentar persuadir a colega, é construído com os próprios dados da experiência vivida; ele procura estabelecer uma proporção direta entre a “quantidade de fios” – entenda-se número de espiras – e a intensidade do campo magnético da bobina, sempre tomando como comparação o campo da Terra. Estamos caracterizando essa habilidade cognitiva como mecanismo de cognição compartilhada, que estamos chamando de *reorganização de recursos disponíveis*. Nesse caso, a reação da Sofia, evidenciada por um silêncio resignado, pode indicar que a explicação dada ainda não foi suficiente para convencê-la. Por outro lado, sua atitude de resignação pode também indicar a manutenção de uma zona de conforto oferecida pela “*expertise*” do Pedro, o que atenderia à necessidade de terminar a atividade.

Do ponto de vista cognitivo-cultural, a perspectiva adotada por Pedro para construir sua explicação não se desenvolve. Está claro, pela transcrição do diálogo, que ele não consegue melhorar seu próprio processo de redescrição representacional da situação, apesar da insistência da Sofia. Porém, embora Sofia tenha razão em procurar “estabelecer uma referência para comparação” e não se convencer com a explicação dada pelo Pedro, ela não se aventura a propor uma explicação alternativa e acaba aceitando o texto sugerido por Pedro, conforme registrado no relatório final (ilustração 4.5).

O episódio mostra que as explicações dadas pelos estudantes naturalmente revelam que a apropriação da significância dos artefatos culturais específicos do sistema simbólico ocorre de maneira gradual, recursiva e não linear. Essa recursividade pode ser testemunhada cada vez que o estudante objetiva, no meio social-cultural, explicações de um fenômeno observado ou argumenta sobre a solução apresentada a um problema. Em cada objetivação, o estudante está utilizando o recurso cognitivo da redescrição representacional. A evolução do nível de sistematização de cada processo de redescrição representacional é um indicativo de que está havendo uma apropriação gradual da significância do artefato cultural envolvido – quando a objetivação das ideias, associada ao artefato mediador, é elaborada com maior segurança, isto é, de forma mais explícita, mais imediata e quase automática. Essa observação sugere uma categorização em níveis psicogenéticos, internos aos sujeitos, que é prevista no modelo de redescrição representacional originalmente proposto por Karmiloff-Smith (1993). No entanto, a proposta de Tomasello desloca a ênfase para a cultura, oferecendo, assim, a alternativa de se poder elencar categorias cognitivas que emergem nas relações sociais-

culturais, as quais podem nos ajudar a compreender melhor como o conhecimento é compartilhado em situações de sociogênese.

Esse episódio também mostra que, mesmo aparentando ter um bom domínio dos artefatos em uso e de conceitos subjacentes, a explicação do Pedro é confusa, o que não nos surpreende. Como professores e pesquisadores, sabemos que o domínio dos artefatos culturais na esfera do conhecimento científico escolar é fragmentado e não tem o mesmo significado estável compartilhado pela comunidade de professores de Física. Isso significa que, em algumas situações da prática escolar, veremos que os estudantes fazem o movimento necessário e desejável do concreto ao abstrato, e do abstrato ao concreto, como parte do processo de aprendizagem, na direção da estabilidade constituída no modelo científico.

Episódio anterior ao episódio central

Atividade LAB08A (ANEXO B, pág. 225) – 14/07/15
Campo magnético terrestre – parte I

A atividade que ora contextualiza nossa análise foi realizada em 14/07/15, na última semana letiva antes do período de férias de 15 dias. Trata-se da atividade de laboratório LAB08A (ANEXO B, pág. 225), na qual os estudantes coletaram dados para a elaboração do relatório, cujo contexto acabamos de descrever como episódio central (LAB08B). Cabe ainda lembrar que as duas atividades são fundamentais para que os estudantes possam realizar a atividade experimental seguinte – LAB09A.

Cenário

A aula começa com a preleção, à qual os estudantes prestam bastante atenção. O professor lembra aos estudantes que eles terão duas semanas de recesso, enfatizando que eles devem fazer anotações mais detalhadas para não esquecer dados importantes para o relatório, que será realizado somente depois desse recesso. Ele dá orientações sobre a atividade, ressaltando detalhes importantes sobre o roteiro. A seguir, explica aos estudantes como posicionar a bobina em relação ao campo magnético da Terra; chama atenção para a posição correta da bússola, a ser colocada no centro da bobina, e outros detalhes para o bom uso do equipamento (ver ilustração 4.7). O professor anuncia que eles precisarão fazer um diagrama vetorial, mas vai esperar que toda a turma alcance o mesmo ponto do roteiro para comentar certos aspectos relacionados a isso.



Ilustração 4.7: Bobina e bússola; réplica da ilustração 4.2, pág. 117.

Os estudantes começam a ler o roteiro. Algum tempo depois, o professor se certifica que todos os grupos chegaram ao ponto específico do roteiro, a partir do qual os estudantes precisarão da representação vetorial para dar prosseguimento à atividade. O professor faz uma plenária para discutir com os estudantes as interpretações que estão sendo dadas aos artefatos culturais envolvidos até aquele ponto e conduz as discussões para a elaboração do diagrama vetorial. O quadro 4.10 descreve esse cenário, que antecede os eventos de inflexão e o processo de redescrição representacional.

O cenário tipifica muito bem a importância que o professor dá à plenária como momento de consolidar um passo importante na direção do objetivo da atividade. Do ponto de vista das atividades de aprendizagem colaborativa, esse é um momento em que os estudantes são levados a submeter sua maneira de pensar ao discurso de autoridade do professor, e também conhecer como os colegas de classe estão encaminhando as tarefas.

Quadro 4.10: Cenário: Aula de laboratório do dia 14/07/15 – LAB08A – Campo magnético terrestre – parte I. O professor conduziu a aula até que os estudantes chegassem a uma questão do roteiro que dizia respeito ao diagrama vetorial. Quando os estudantes se preparam para respondê-la, o professor interrompe a atividade para fazer uma plenária sobre o diagrama vetorial. As transcrições completas podem ser consultadas no APÊNDICE C, pág. 239.

Registros: Vídeo – 25:53:27:15 (C-14-julho-15-LAB08A-2.mp4); Vídeo – (C-14-julho-15-LAB08A-3.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial para o estudo da superposição entre campos magnéticos (Ilustração 4.9); Artefatos secundários: relações trigonométricas no triângulo retângulo, conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (Ilustração 4.7). Este dispositivo foi desenvolvido pelos professores da coordenação de Física do segundo ano.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
-------	--------	-------------	------------

29	Professor	Naquele ponto central, bem no centro mesmo... Bem aqui no meio, eu tenho um campo magnético que pode ser representado por um vetor. Esse vetor vai ter uma orientação, que vocês já me falaram, perpendicular ao plano da espira, não é isso? Só que vocês também viram que a agulha da bússola não ficava alinhada com um ângulo de 90° com o plano da espira. O motivo foi qual?	O professor pega uma folha A4 para simular o plano que contém a bobina e um pincel para quadro branco para indicar o “vetor” campo magnético produzido pela bobina (ver ilustração 4.8). Estamos caracterizando este tipo de ação como materialização de idealidade , na classe dos mecanismos de cognição compartilhada.
30	Sofia	Interferência do campo magnético da Terra.	Os estudantes, entre eles Sofia, respondem que isso se deve à presença do campo magnético da Terra.
31	Outrem	Depende da intensidade....	
32	Professor	Pra onde que o da Terra aponta?	O professor insiste na direção dos dois vetores, o do campo da bobina e o do campo da Terra.
33	Sofia e outrem	Pra lá.	Ela e outros estudantes, de outros grupos, apontam a direção do campo da Terra.
34	Professor	Pra lá, não é? Eles formam quantos graus?	
35	Sofia e outrem	Noventa.	
36	Professor	Noventa. Forma 90° é porque eu escolhi que fosse assim, ou é sempre assim?	
37	Outrem	<Você escolheu que fosse assim.	
38	Sofia e outrem	<É sempre assim.	Sofia revela novamente alguma insegurança conceitual, que está relacionada à dificuldade de orquestração de vários conceitos.

É nas plenárias que o professor dialoga com os estudantes a respeito do diagrama vetorial. Nesse segmento, ele discute com os estudantes questões fundamentais sobre a representação vetorial dos campos magnéticos e constrói o diagrama vetorial com a participação da turma. O principal fato para o qual ele está chamando a atenção dos estudantes é o de que a orientação da bússola segue a orientação do vetor campo magnético resultante (ilustração 4.9).

As dificuldades dos estudantes em trabalhar com diagramas vetoriais é conhecida pela coordenação de ensino do segundo ano; esse artefato já foi utilizado no curso, no conteúdo de Mecânica e também em Hidrostática; ambos trabalhados no primeiro trimestre. Portanto, o cuidado do professor se justifica. O diagrama vetorial é o principal artefato cultural mediacional que os estudantes precisam dominar para alcançar o principal objetivo da atividade: encontrar uma expressão matemática que relacione os campos magnéticos da bobina e da Terra. Essa expressão será explicitada a partir das relações trigonométricas em um

triângulo retângulo. Um dos detalhes importantes para a correta compreensão do diagrama vetorial é compreender que o vetor que representa o campo magnético da bobina tem direção bem determinada, sendo perpendicular ao plano da bobina, e por conseguinte, perpendicular ao vetor campo magnético da Terra, como mostrado no diagrama.



Ilustração 4.8: Durante a plenária, o professor utiliza objetos improvisando-os como artefatos para materializar ideias abstratas. Diálogos registrados no quadro 4.10.

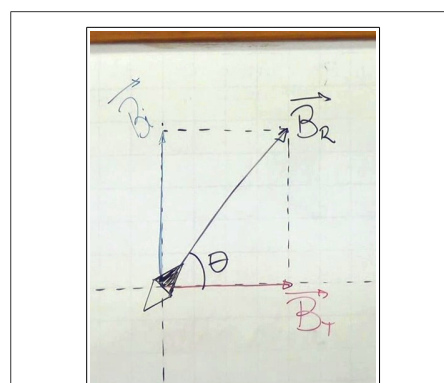


Ilustração 4.9: Diagrama construído pelo professor no quadro, em um processo dialógico com os estudantes, durante o LAB08A.

Esse é o cenário que antecede os eventos de inflexão e o processo de redescrição representacional que constituem o episódio de cognição cultural que nos propusemos analisar. Nossa atenção se volta, a partir desse cenário, para o evento de inflexão que catalisa os processos de redescrição representacional com os respectivos mecanismos de cognição compartilhada. Vamos mostrar as relações dos eventos aqui analisados com os eventos já analisados no episódio central.

Evento de inflexão

O episódio de cognição cultural, que nos interessa, se iniciou com o evento de inflexão que ocorreu depois dos primeiros 50 minutos de aula. O quadro 4.11 destaca o diálogo entre

Sofia e Pedro, no qual, do nosso ponto de vista, há uma manifestação clara de um conflito de perspectivas (TOMASELLO, 2003, p. 232, 266), ambas corretas.

O evento de inflexão é marcado pela *interposição de questionamento indefinido*, no qual Sofia coloca em dúvida a decisão tomada por Pedro de fazer um diagrama diferente daquele proposto pelo professor. Ela ouve os argumentos do colega, mas não compreende a opção que o colega está oferecendo, se opondo a ele diante da sugestão de um caminho diferente daquele sugerido pelo professor, como ela tem demonstrado em outras situações. Esta conduta, descrita no evento de inflexão, viria a se repetir no episódio central, conforme relatamos anteriormente. O turma 45, no quadro 4.11, representa o ápice desse conflito. Pedro segue sustentando sua posição, mas, no final, decide consultar o professor para dirimir a dúvida. Até esse momento, Caio parece alheio à discussão.

Na análise do episódio central, vimos que a mesma justificativa cultural pode ser associada à inconsistência verificada no diagrama vetorial feito por Sofia no relatório da atividade (se necessário, rever ilustração 4.6, pág. 136). Naquele relatório, o diagrama representado ficou inconsistente, sem significado devido à incorreção na representação – ou nomeação – dos vetores. O diagrama proposto por Pedro produziria o mesmo resultado do diagrama do professor, com equações matemáticas que se diferenciariam pela escolha do ângulo ou pela função trigonométrica utilizada.

Para nós, o diálogo transcrito no quadro 4.11 mostra que a persistente insegurança conceitual, envolvendo o diagrama vetorial, que Sofia apresentara no episódio central, já havia se manifestado neste episódio, anterior ao episódio central. Especulamos que ela pode ser decorrente do seu caminho ontogenético em um contexto cultural educacional conhecido: o ensino de Ciências no nível fundamental tem sido marcado por um universo de problemas cujas soluções requerem certos algoritmos, naturalmente reforçados pelo professor. Seu comportamento pode estar associado à submissão ao argumento da autoridade, simbolizado, neste momento, no diagrama construído pelo professor que, para ela, significaria o diagrama correto.

Quadro 4.11: Evento de Inflexão: O segmento destacado abaixo se caracteriza por um evento em que Sofia coloca em dúvida a decisão do Pedro de fazer um diagrama diferente daquele proposto pelo professor. As transcrições completas podem ser consultadas no APÊNDICE D, pág. 241.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Vídeo – 05:15 a 06:10 (C-14-julho-15-LAB08A-4.mp4)

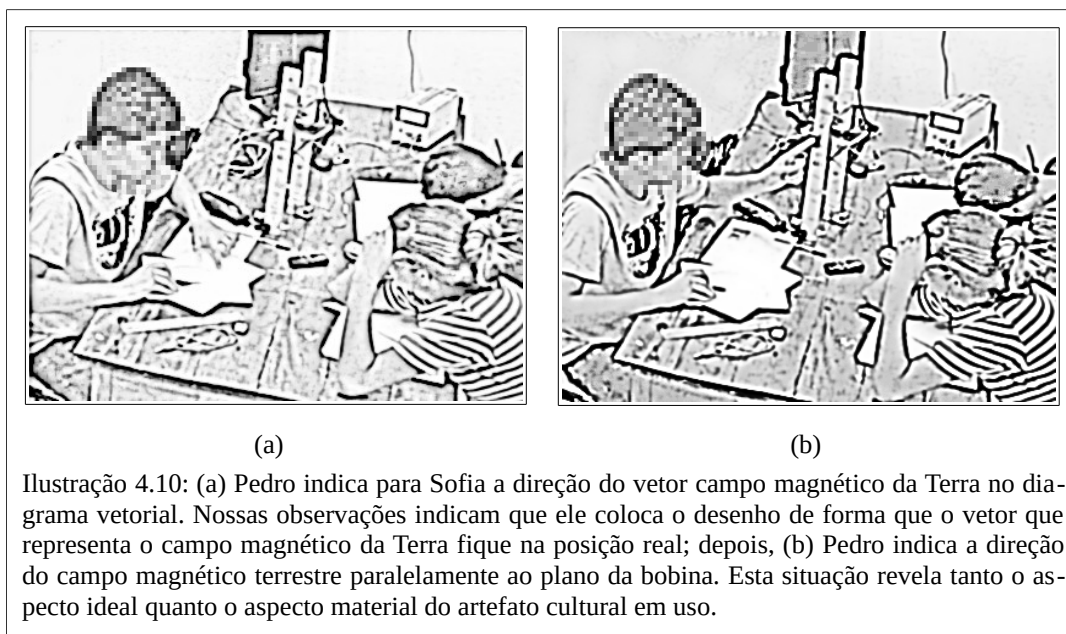
Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial para o estudo da superposição

entre campos magnéticos (Ilustração 4.9); Artefatos secundários: relações trigonométricas no triângulo retângulo, conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (Ilustração 4.7). Este dispositivo foi desenvolvido pelos professores da coordenação de Física do segundo ano.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
39	Sofia	Pedro, mas você tem que decompor o negócio. O negócio... a resultante dele é isso e isso... Porque a interação dele... é porque...	Ela aponta para os vetores no desenho do Pedro. A fala da Sofia faz o Pedro pensar. Sofia insiste em desenhar o vetor B_T na abscissa, como no diagrama do professor. Pedro presta bastante atenção no que Sofia está sugerindo.
40	Sofia	É, mas tem um detalhe... se for olhar assim pro negócio, a [“força”] da Terra sempre vai mudar, né? Mas, a da Terra é essa daqui, Pedro, oh!	Sofia percebe que sua proposta está inconsistente com o fato de que o vetor que representa a componente horizontal do campo magnético da Terra deve ter valor constante, ou seja, o seu tamanho no desenho não pode variar. Sofia parece reconhecer o erro que está cometendo, mas se volta para a segurança do diagrama proposto pelo professor. De qualquer forma, a discussão com Sofia leva Pedro a buscar argumentos para reforçar sua proposta.
41	Sofia	Pedro, olha aqui. Essa aqui não muda mesmo, essa daqui que permanece a mesma, olha lá!	Ela aponta para o diagrama do Pedro, contrastando-o com o diagrama do professor. Ela não entende porque Pedro começa a fazer um diagrama com o vetor campo magnético da bobina com orientação diferente do desenho do professor.
42	Pedro	Não...	
43	Sofia	Da Terra que é o B_T ... Olha lá... olha lá! Olha lá! ... da Terra, que é o B_T ... e o B_I , que varia!	Sofia aponta para o quadro, toca o braço do Pedro, insistindo para que Pedro olhe para o quadro. Pedro se vira para olhar o quadro.
44	Pedro	O B_T é esse, oh!	
45	Sofia	Não, uai! Por que é esse?!	Evento de inflexão – interposição de questionamento indefinido : Com certa perplexidade, Sofia interrompe os colegas para questionar o uso do diagrama dessa forma.
46	Pedro	Porque... o campo norte da Terra não tá pra cá?	Pedro sorri de modo irônico, aponta para o diagrama vetorial múltiplo que está desenhando. Ele gira a folha A4, de modo que o vetor campo magnético da Terra, desenhado no diagrama, coincida com a direção “real” do campo magnético. Em seguida ele aponta para a bobina para justificar seu argumento (ver ilustração 4.10).
47	Sofia	Tá.	
48	Pedro	Essa aqui... a gente tomou como base o da Terra.	
49	Sofia	É. Tá certo.	Concordando com a escolha dos vetores, mas parece uma concordância apenas factual.

Esse evento, cujo foco da análise é o diálogo entre Sofia e Pedro, também reflete uma dificuldade inerente a processos de aprendizagem enquanto processos comunicativos: a dificuldade de construir argumentação quando o problema envolve a orquestração de vários

conceitos/artefatos subjacentes ao problema. Acreditamos que a representação de algo tão



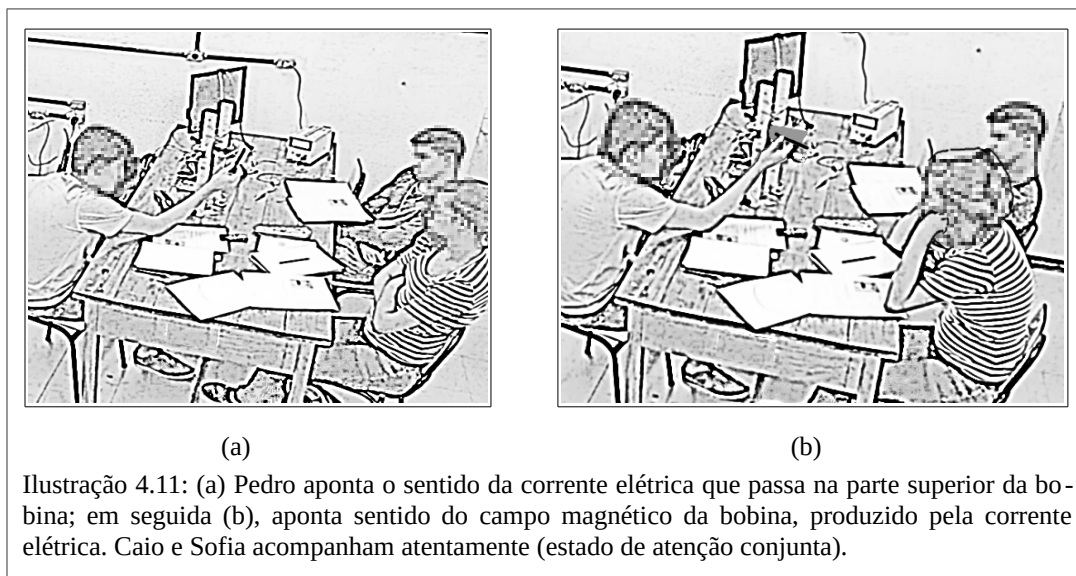
abstrato como campos magnéticos, por meio de vetores, cria uma dificuldade ontológica difícil de ser superada para alguns estudantes. Isso gera uma insegurança conceitual que Sofia já havia manifestado no cenário descrito anteriormente (quadro 4.10, turno 38).

No caso do diagrama proposto por Pedro, que foi a referência para a elaboração do relatório, podemos apontar mais um aspecto dificultador: ao fazer o diagrama, Pedro considerou o sentido do campo B_I oposto àquele adotado pelo professor. Essa inversão do sentido do campo magnético da bobina se deve à inversão do sentido da corrente elétrica que nela circula. A ilustração 4.11 mostra Pedro indicando o sentido do campo magnético da bobina com sua caneta. Esse detalhe torna o diagrama vetorial ainda mais complexo.

Três semanas (21 dias) depois do recesso escolar, quando voltaram a se reunir para fazer o relatório, Pedro continuou a insistir em usar o diagrama que fora construído no episódio que ora destacamos. A incoerência do diagrama vetorial que constatamos no relatório apresentado pela Sofia, naquela oportunidade, muito provavelmente começa neste momento. Com base nas razões hipotéticas que apresentamos, para nós, isso é um indício de que Sofia, e provavelmente também Caio, ainda não se apropriaram de toda a potencialidade deste artefato cultural.

O evento de inflexão, registrado no turno 45, quadro 4.11, que se caracteriza novamente pela *interposição de questionamento indefinido* por parte da Sofia, é um evento

que consideramos prototípico. Ele se inicia mediante uma evidência explícita (para os pesquisadores) de um conflito de perspectivas. Esse evento sinaliza um momento de ruptura ou de enfrentamento, em que Sofia resiste seguir em frente, sem que o conflito seja superado.

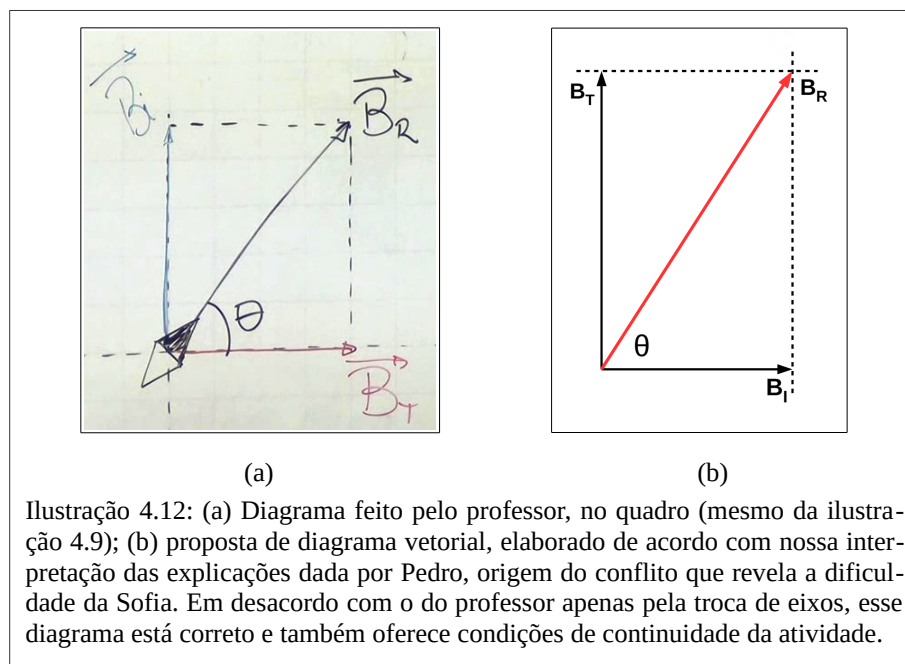


Para nós, esse conflito de perspectivas reside na insistência – talvez inconsciente – de Sofia em se apoiar na autoridade do professor, nesse momento de insegurança. No turno destacado, Sofia aponta para o quadro, tocando insistentemente o braço do Pedro, solicitando para que ele olhe para o desenho do professor. Pedro se vira para olhar para o quadro. Está claro para nós que Sofia não está concordando com o Pedro porque o diagrama que ele propõe é diferente daquele que o professor desenhou no quadro. Sofia não percebe que o diagrama proposto por Pedro é uma alternativa válida. Temos interpretado o comportamento da Sofia, de apoiar sua argumentação na autoridade do professor, como um comportamento cultural inibidor da aprendizagem.

As ações do Pedro, mostradas nas ilustrações 4.10 e 4.11, nos fazem pensar que ele tem consciência de que o diagrama vetorial proposto (por ele) está correto. Na ilustração 4.11, ele indica o sentido da corrente na bobina e, a seguir, o sentido do campo. Entretanto, em momento algum, ele explica qual seria a diferença entre o diagrama do professor e o diagrama que ele está propondo. Por outro lado, os colegas não demandam essa explicação.

Não temos o diagrama que o grupo construiu nesta aula, mas pela análise do vídeo, aliado ao conhecimento que temos do material, é possível inferir que o diagrama vetorial seria como propomos na ilustração 4.12b. Comparando com a ilustração 4.12a, verifica-se a

inversão dos eixos onde estão representados os vetores B_I e B_T . A ilustração 4.10 mostra Pedro indicando a orientação do campo magnético da Terra, paralela ao plano da bobina, demonstrando que os dois vetores assumem posição relativa perpendicular. Notemos que esse é o principal fator para o qual o professor havia chamado a atenção da turma durante a plenária.



Na continuação do diálogo, é fácil perceber que a interrupção do fluxo da ação provoca imediatamente um processo de redescrição representacional (quadro 4.11, turnos 44 a 49). Não ignoramos esse fato, entretanto, nossa intenção é mostrar que os eventos de inflexão são momentos críticos que sinalizam alguma mudança em curso, cujas consequências podem ser associadas a outros processos de redescrição representacional, deslocados para um futuro próximo. Assim, começamos a próxima subseção apresentando um evento que caracteriza um processo de redescrição representacional que ocorreu um pouco depois, nos últimos diálogos antes do encerramento dessa aula.

Processo de redescrição representacional e mecanismos de cognição compartilhada

No processo de redescrição representacional destacado no quadro 4.12, Pedro está trabalhando na construção do diagrama vetorial múltiplo, que se incumbira de fazer (ilustração 4.13b). Este diagrama vetorial múltiplo é desenhado sobre a imagem de um transferidor. A pergunta de Sofia, no turno 50, “Por que você diminuiu esse negócio tudo?”, se

refere às seguidas diminuições observadas no tamanho do vetor \mathbf{B}_R , que representa o vetor campo magnético resultante (ilustração 4.13).

Quadro 4.12: **Processo de redescrição representacional:** O professor retorna ao grupo. Questionada pelo professor, Sofia diz claramente que não entendeu. O professor diz à Sofia que ela não pode sair sem entender. O processo de redescrição representacional que destacamos é protagonizado por Caio. A íntegra das transcrições está disponível no APÊNDICE E, pág. 244.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento 20:48 a 23:25 (C-14-julho-15-LAB08A-4.mp4)

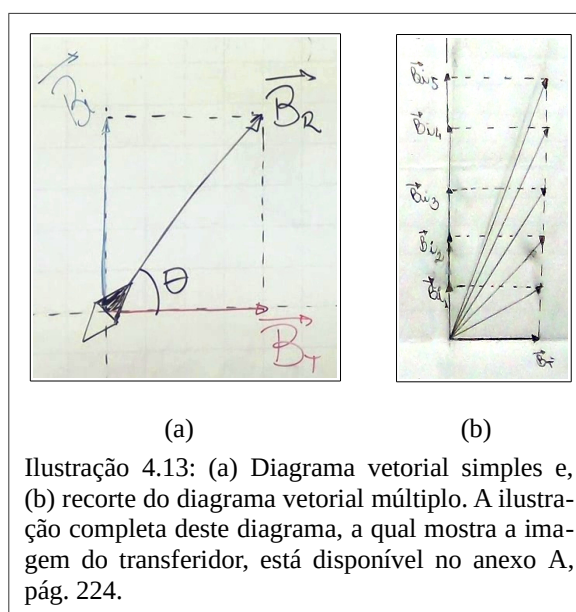
Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial para o estudo da superposição entre campos magnéticos (Ilustração 4.9); Artefatos secundários: relações trigonométricas no triângulo retângulo, conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (Ilustração 4.7). Este dispositivo foi desenvolvido pelos professores da coordenação de Física do segundo ano.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
50	Sofia	Por que você diminuiu esse negócio tudo?	Sofia está se referindo ao fato de que, no diagrama múltiplo (ilustração 4.13b), a resultante está diminuindo.
51	Pedro	Esse aqui é o da Terra. E aqui, são as forças resultantes. Como é que você acha o vetor? Não é a resultante? Se um vetor vem o máximo pra cima nesse ponto, não tem como a resultante ultrapassar esse ponto. É a mesma coisa que você pensar assim, oh... A resultante vem até aqui. Não tem como!	A dúvida da Sofia ainda está mal resolvida. Este evento ainda é resquício do conflito de perspectivas que se originou na construção do diagrama vetorial (quadro 4.11, turno 43). Sofia escuta tudo atentamente, mas parece que não compreendeu completamente.
52	Caio	Isso. É a questão da decomposição de vetores, Sofia. Aí é matemática. Quando a gente vai decompor um vetor, a gente tem que colocar... tipo assim, ele tem que ficar paralelo tanto com o eixo y quanto com o eixo x, certinho... Pra ele ficar paralelo com o eixo y, os dois têm que ter a mesma altura, ou o y pode ser até maior, mas o y nunca pode ser menor que a força resultante, e estava menor, entende. Por isso que o professor falou!	Processo de redescrição representacional com recontextualização : A explicação do Caio, além de confusa é equivocada, ainda que o equívoco possa estar apenas na objetivação do seu processo de redescrição representacional.
53	Sofia	Mas porque ele [o professor] estava falando que o sentido não muda. O sentido muda sim!	Ela se refere ao fato de que o professor havia chamado a atenção do Pedro, sobre a direção do vetor campo magnético da bobina, que, de fato, não muda. Ele é sempre perpendicular ao plano da bobina. O que pode mudar é o sentido do vetor resultante.
54	Pedro	Qual sentido? De quê?	
55	Sofia	Daqui, oh! Porque ele falou que o sentido não muda! O sentido muda, sim!	
56	Pedro	Não, não... Ele estava falando que o sentido... É porque aqui estava escrito \mathbf{B}_I . Aqui não é o \mathbf{B}_I aqui é a resultante... A \mathbf{B}_I , da bobina, é aqui, oh... embaixo... é porque eu inverti esse com esse.	Pedro estava fazendo o diagrama de forma errada, até a intervenção do professor.
57	Sofia	\mathbf{B}_I é o quê? A corrente?	Eles estão usando “bobina” em vez de “espira”.
58	Pedro	Não, não... é a bobina [espira].	
59	Sofia	Quantidade de bobina?	

60	Pedro	É. Uma bobina, duas bobinas, três bobinas...	
61	Sofia	Ah. O sentido da corrente não muda. É isso que ele estava falando?	O sentido da corrente não muda, de fato. Mas, não dá para saber se Sofia se refere à corrente, propriamente, ou se ela quer se referir ao sentido do campo produzido pela corrente. Pedro meneia a cabeça, concordando.

Pedro começa sua explicação tentando mostrar que, para cada diminuição no valor de B_I , o vetor B_R (resultante) necessariamente diminui (o vetor resultante continua sendo a diagonal do retângulo formado pelos outros dois vetores, B_I e B_T , enquanto o vetor campo magnético da Terra, B_T , não varia).

No entanto, Pedro não conclui sua explicação, pois é interrompido por Caio (turno 52), que até aqui tinha se omitido diante das discussões entre Sofia e Pedro. Caio vai incorporar no seu processo de redescrição representacional, objetivado culturalmente,



elementos trazidos de outro contexto, para tentar construir uma explicação que possa atender à necessidade da colega naquele momento. É um indicador de mecanismo de cognição compartilhada que chamamos de *recontextualização*. Embora, do ponto de vista matemático sua explicação não esteja correta, ela sugere uma forma diferente de olhar para o problema. Depois da intervenção do Caio, Sofia insiste com uma dúvida a respeito da fala do professor. Em sua resposta, Pedro admite que havia cometido um erro na construção do diagrama múltiplo e passa a tentar estabelecer uma relação entre os elementos do diagrama simplificado com o diagrama múltiplo. Ele está tentando fazer com que Sofia perceba que o segundo

diagrama é uma composição de vários diagramas simplificados, cada qual correspondendo a uma dada quantidade de espiras. Esta ação de Pedro corresponde ao mecanismo de cognição compartilhada que estamos chamando de *coordenação de perspectivas complementares*, pois tenta estabelecer uma relação entre os dois diagramas mostrados na ilustração 4.13. Ambos são processos de redescrição representacional importantes para a socialização de sentidos, pois incorporam subliminarmente os conceitos de vetor e de campo magnético, os quais são artefatos culturais subjacentes ao diagrama vetorial.

Episódio posterior ao episódio central

Atividade LAB09A (ANEXO D, pág. 229) – 11/08/15
Campo magnético terrestre – parte II

Nesta atividade, o objetivo dos estudantes é determinar a intensidade da componente horizontal do campo magnético terrestre local. Para isso, eles usarão um conjunto bússola-bobina (ilustração 4.14). Trata-se de um desdobramento da atividade anterior (LAB08A). Aquela atividade foi planejada pela equipe de professores da coordenação do segundo ano e intencionalmente realizada antes desta, como uma introdução ao problema de medição indireta de campos magnéticos.

Cenário

Inicialmente, o professor comenta alguns aspectos dos relatórios do LAB08, produzidos pelos grupos, e chama a atenção para a expressão matemática que os estudantes determinaram ao final da atividade, a qual será utilizada novamente. Essa expressão relaciona os campos magnéticos da Terra e da bobina. O professor mostra rapidamente como essa expressão foi determinada através do diagrama vetorial (ilustração 4.15). Ele chama a atenção dos estudantes perguntando se aquela relação lembra algum tipo de função, cuja resposta esperada seria uma reta. Nesse momento, nenhum estudante propõe uma resposta e o professor também não a menciona. A seguir, ele entrega o roteiro aos estudantes. No quadro, também podemos ver desenhado o diagrama vetorial múltiplo, por meio do qual os estudantes obterão as medidas necessárias para a construção de um gráfico. Entretanto, ele não é utilizado na preleção (ilustração 4.15).

A seguir, o professor entrega um conjunto bússola-bobina para cada grupo, para que os estudantes acompanhem a descrição do funcionamento do dispositivo, ressaltando que esse



Ilustração 4.14: Conjunto bússola-bobina (réplica da ilustração 4.2).

dispositivo segue o mesmo princípio daquele que foi usado no LAB08. Ele acrescenta que o dispositivo é mais sofisticado que o anterior, possuindo uma agulha não magnética que facilita a medida dos ângulos de declinação da barra magnética, permitindo obter medidas mais precisas.

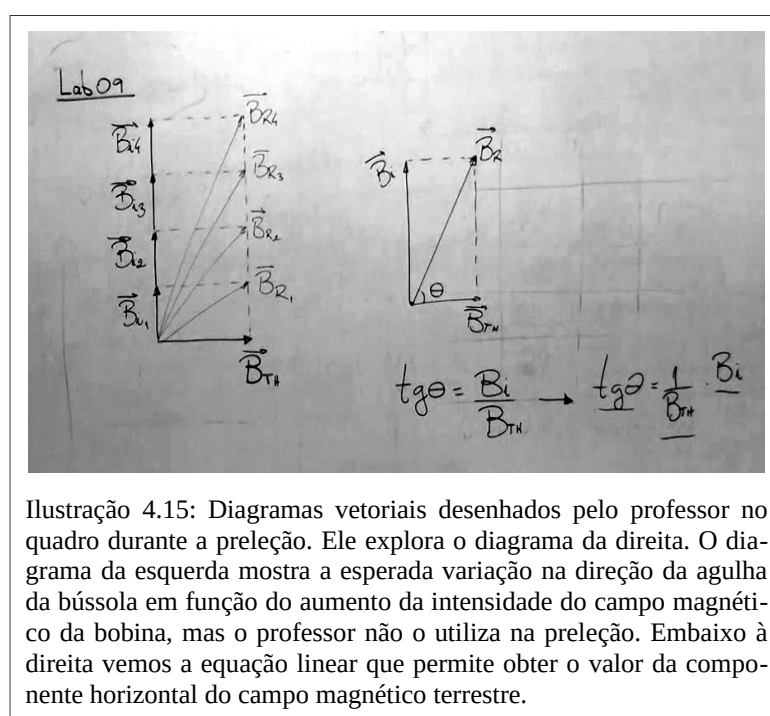


Ilustração 4.15: Diagramas vetoriais desenhados pelo professor no quadro durante a preleção. Ele explora o diagrama da direita. O diagrama da esquerda mostra a esperada variação na direção da agulha da bússola em função do aumento da intensidade do campo magnético da bobina, mas o professor não o utiliza na preleção. Embaixo à direita vemos a equação linear que permite obter o valor da componente horizontal do campo magnético terrestre.

Após os estudantes terem lido o roteiro, o professor retoma a discussão com a turma por meio de uma plenária. O quadro 4.13 apresenta um recorte desse momento, no qual o professor chama a atenção dos estudantes para os principais elos entre a última atividade (LAB08) e a atual. Enquanto o professor conduzia a plenária, Pedro toma a iniciativa de

posicionar a bússola para a realização da atividade. Embora de costas para o professor, Pedro parece atento e se refere explicitamente à posição da bobina como sendo “a mesma da bobina usada na aula anterior”, no laboratório. Sofia e Caio estão procurando desenhar o diagrama de ligação da fonte de alimentação com a bobina.

Algum tempo após a preleção, durante a leitura do roteiro, Sofia pergunta a Pedro se ele entendeu como fazer para medir o campo. A questão externalizada é importante por dois motivos. Primeiro, porque expõe claramente o problema inicial a ser enfrentado na atividade, e, segundo, porque mostra que o engajamento de Sofia não é apenas comportamental. Com essa questão, eles relembram a atividade anterior (LAB08) e discutem como relacionar o que foi feito naquela ocasião com o objetivo desta atividade. Alguns dos artefatos já utilizados na atividade anterior serão novamente utilizados. Entretanto, o objetivo nesta atividade é construir uma estratégia para calcular o valor do campo magnético terrestre. Para isso, é imprescindível a compreensão do uso do diagrama vetorial.

Quadro 4.13: **Cenário:** Durante a plenária, repetindo o professor, Pedro se refere explicitamente ao posicionamento da bobina deste experimento (LAB09) como sendo o mesmo utilizado para a bobina usada no LAB08. O grupo se mostra atento à plenária. Logo após a plenária eles procuram resgatar o que foi realizado no LAB08 em busca de relações que pudessem contribuir com a atividade atual. A transcrição completa pode ser consultada no apêndice F, pág. 246.

Registros da aula do dia 11/08/2015: Segmento: 29:05 a 30:10 (C-11-agosto-15-LAB09A-1.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário – diagrama vetorial já utilizado na atividade desenvolvida no LAB08. Artefato secundário: conjunto bússola-bobina para medição indireta do campo magnético terrestre (ilustração 4.17).

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
62	Pedro	Tem que orientar pela aula passada. Como é que era a aula passada?	Sua pergunta se dirige ao grupo. Os colegas não respondem.
63	Professor	No laboratório, em que tínhamos uns fios dando voltas formando uma bobina, ela tinha uma orientação espacial. Que orientação era essa?	Durante a plenária o professor se refere à atividade desenvolvida no LAB08, na aula anterior a essa.
64	Professor	O plano dela estava em que direção? Do norte-sul terrestre, não é? E isso era feito porquê?	O grupo C não responde ao professor, mas Sofia e Caio estão prestando atenção à preleção. Pedro está de costas para o professor e continua a mexer na bússola. Sofia estende o braço, mantendo a atenção às orientações do professor, indicando a suposta direção do campo magnético terrestre local.
65	Professor	O que aquilo [se refere ao procedimento de colocar a bobina numa posição propositadamente escolhida] tem a ver com isso aqui [se refere ao diagrama vetorial]?	O professor quer que os estudantes percebam que, ao posicionar o plano da bobina paralelo ao campo da Terra, o campo que ela produz (B_I) fica perpendicular ao campo da Terra. Esse

			procedimento permite usar o diagrama vetorial construído pelos estudantes no LAB08A, com o triângulo de relações trigonométricas, ambos reproduzidos no quadro-negro. Ver ilustração 4.15.
66	Outros	[Inaudível].	
67	Professor	O B_{TH} é constante independente do que eu fizer.	B_{TH} – componente horizontal do campo da Terra, cujo valor deve ser encontrado com a realização da atividade.
68	Pedro	Perpendicular.	
69	Professor	O campo da bobina fica perpendicular ao campo da Terra. Aí eu consigo fazer a análise utilizando isso aqui. Então, antes de fazer qualquer medida, eu tenho que alinhar...	O professor se refere novamente ao diagrama vetorial. Pedro faz sinal de concordância com a cabeça.
[...]			
70	Sofia	Pedro, o que você mediu? ... definiu o ponto zero aqui...	Ela aponta para o esboço produzido no LAB08 (semelhante ao diagrama múltiplo que aparece na ilustração 4.15), tentando estabelecer uma relação com o novo experimento.
71	Pedro	É o número de enrolamentos... O campo da Terra tá pra cá, não é? Então a bússola tem ficar pra cá, não é? Aí a gente colocou um fio de bobina, aí o ângulo deu aqui, aí a gente colocou dois fios, aí ...	Neste ponto, eles ainda não perceberam que o campo da bobina, nesta atividade, será controlado pela variação da corrente elétrica.
72	Sofia	Pois é, mas aqui a gente só tem um enrolamento com duas voltas, como que a partir disso a gente vai determinar o módulo? Porque pra gente determinar o módulo, a gente tem que saber a tangente do ângulo, não é?	
73	Caio	Primeiro, a gente tem que determinar como que a gente vai montar isso aqui, ó!	
74	Sofia	Não, calma!	Essa contribuição do Caio está distante da discussão dos colegas, mas é um indicador de que ele demonstra reconhecer um impasse e faz uma intervenção, propondo um redirecionamento das ações para dar prosseguimento da atividade.
75	Pedro	Não sei. Deixa eu tentar descobrir como a gente vai fazer isso aqui.	

Ao perceber uma certa dificuldade de continuação da atividade, Caio intervém (turno 73), propondo um deslocamento das ações para a montagem do equipamento. Nosso entendimento é o de que a intervenção do Caio não parece inconsciente. Embora isso não esteja explícito em sua fala, nossa hipótese é a de que ele percebe que há um impasse diante do obstáculo e supõe que a montagem do equipamento possa ajudar a superá-lo. Apesar de Sofia advertir Caio com um sonoro “calma”, Pedro aceita a sugestão tomando para si a tarefa de estudar a situação. A sugestão do Pedro (turno 75) deixa transparecer uma característica

desse grupo: a divisão espontânea das tarefas segundo as aptidões naturais de cada um. Diante da atitude de Pedro, Sofia se volta para Caio para ajudá-lo com a montagem do equipamento e Pedro passa a se debruçar sobre o problema do diagrama vetorial. Veremos a seguir que essa divisão espontânea das tarefas prepararia o grupo para sair do impasse, após a intervenção do professor.

Mas, no segundo segmento do cenário, destacado nos turnos 70 a 75, como acabamos de ver, Sofia coloca novamente em pauta o problema inicial. Isso demonstra que ela tem compreensão da atividade e de seus objetivos, inclusive mostrando-se capaz de estabelecer uma relação entre as duas atividades, apontando uma diferença fundamental entre elas, o que significa que, para chegar ao objetivo da atividade, eles deveriam seguir um outro caminho.

Evento de inflexão

Após deixar que os estudantes debatessem em seus grupos as possíveis propostas para chegar ao objetivo, os estudantes do grupo C chamam pelo professor. Ele acompanha os estudantes na preparação da montagem para a condução das medidas. Nesse contexto, destacamos um episódio caracterizado por uma reação de perplexidade de Sofia que destacamos como evento de inflexão. Nesse episódio (quadro 4.14, turno 89), após a saída de cena do professor, ela manifesta uma aparente dificuldade de compreensão que, para nós, não condiz com sua participação nas discussões até o momento.

Quadro 4.14: Evento de Inflexão: Inicialmente, Pedro pede ajuda ao grupo sobre como posicionar a bobina com relação ao campo magnético local da Terra. Em seguida, o professor se aproxima do grupo e medeia a interação sujeitos-artefatos. Quando o professor deixa o grupo, Sofia se manifesta, pedindo ajuda a Pedro. Transcrição completo no apêndice G, pág. 248.

Registros da aula do dia 11/08/2015: Segmento 31:34 a 32:18 (C-11-agosto-15-LAB09A-1.mp4); segmento 04:04 a 04:39 (C-11-agosto-15-LAB09A-2.mp4).

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário – diagrama vetorial já utilizado na atividade desenvolvida no LAB08. Artefato secundário: conjunto bússola-bobina para medição indireta do campo magnético terrestre (ilustração 4.17).

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
76	Caio	Cadê o norte, gente?	
77	Pedro	O norte tá pra lá ou pra cá.	Apontando a direção leste-oeste, se valendo, equivocadamente, da direção da agulha de leitura e não da barra magnética da bússola, que são ortogonais.
78	Caio	O norte tá pra lá assim, oh. É perpendicular, tá certo. É mais ou menos assim, oh. O norte está para lá.	Ajeitando a posição da bússola.

79	Pedro	Fessôr, eu não entendi, não! Esse ímã aqui é que descreve o norte? Não é esse troço, não?	Dúvida entre a barra magnética – que, de fato, aponta a direção norte-sul – e a agulha auxiliar de leitura da medida (não magnética), perpendicular à barra magnética.
80	Professor	É esse mesmo, uai! Esse aqui é o norte, e esse aqui é o sul.	Apontando para a barra magnética da bússola.
81	Caio	<Esse negócio é perpendicular.	
82	Pedro	<Ah, tá! Achei que era esse aqui, que está em paralelo com a haste.	Apontando para a agulha auxiliar, não magnética, perpendicular à barra magnética, utilizada para fazer a leitura da deflexão magnética.
83	Professor	Isso, mas a bobina tem que ficar em qual orientação?	Chamando a atenção para a posição relativa da bobina – o plano da bobina deve ficar paralelo ao campo magnético da Terra.
84	Pedro	Perpendicular com o campo magnético da Terra.	
85	Professor	Perpendicular à direção norte-sul?	
86	Caio	Foi o que a gente falou, uai!	Embora Caio tenha posicionado a bússola corretamente, e defendido sua opção, ele não parece tê-lo feito por convicção – ele pode ter seguido apenas a ação dos outros grupos, fato que ele já havia admitido anteriormente.
87	Pedro	Não, tem que ficar assim, oh!	
88	Professor	O campo da bobina é que fica perpendicular. Isso aí!	O professor se retira.
89	Sofia	O quê?! O que você fez aí, Pedro?!	Evento de inflexão – interposição de questionamento indefinido : Após a saída do professor, Sofia demonstra não ter entendido a explicação, que parece ter sido suficiente para o Pedro.

Apesar de Sofia acompanhar atentamente o diálogo entre os colegas e o professor e demonstrar estar ciente do problema a ser enfrentado, ela parece se perder diante das diferentes funções de cada parte do equipamento (agulha não magnética, escala de medida, barra magnética), e das condições técnicas ideais para seu bom funcionamento (nivelamento da base, fixação do número de espiras), e ainda observar a necessidade de se alinhar o plano da bobina com o campo magnético da Terra, para obtenção de medidas válidas.

Processo de redescritção representacional e mecanismos de cognição compartilhada

O estímulo provocado pela dificuldade de Sofia em compreender a situação, que destacamos como evento de inflexão, faria emergir situações muito ricas proporcionadas pela discussão entre os estudantes. Veremos que, no primeiro segmento do quadro 4.15, a seguir, Pedro explica o problema para Sofia usando os próprios braços com a intenção de reconstruir

o diagrama vetorial desenhado pelo professor, externalizando, assim, um processo de redescrição representacional.

Quadro 4.15: Processo de redescrição representacional: Pedro se refere aos artefatos culturais disponíveis na atividade e utiliza-os na construção de uma explicação para a colega, Sofia. Além disso, ele compartilha com ela o sentido que o artefato assume na nova situação, coordenando perspectivas complementares. Transcrição completa no apêndice G, pág. 248.

Registros: Vídeo – 32:30 a 33:12 (C-11-agosto-15-LAB09A-1.mp4); Vídeo – 04:04 a 04:39 (C-11-agosto-15-LAB09A-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário – diagrama vetorial já utilizado na atividade desenvolvida no LAB08. Artefato secundário: conjunto bússola-bobina para medição indireta do campo magnético terrestre (ilustração 4.17).

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
90	Sofia	O quê?! O que você fez aí, Pedro?!	Após a saída do professor, Sofia demonstra não ter entendido a explicação, que parece ter sido suficiente para o Pedro.
91	Pedro	É o seguinte. Está vendo esse ímã aqui?	Início do processo de redescrição representacional. Apontando para a barrinha magnética da bússola, no dispositivo.
92	Sofia	Ahan.	
93	Pedro	Ele descreve do norte ao sul. Tá vendo no quadro, o B_I e o B_{TH} ?	Pedro se refere ao diagrama vetorial, desenhado pelo professor no quadro.
94	Pedro	O B_I tá assim, o B_{TH} tá assim. Então, eles são perpendiculares.	Redescrição representacional – coordenação de perspectivas complementares: Mostrando, com os braços perpendiculares, as posições relativas dos vetores que representam os sentidos dos campos magnéticos da bobina e do campo local da Terra (ilustração 4.16). Dessa maneira, ele transpõe o diagrama vetorial do quadro para a situação dada na atividade.
95	Sofia	Ahan.	
96	Pedro	Com um ângulo de noventa aqui, oh.	Faz uma indicação do ângulo de 90 graus entre os dois braços.
97	Pedro	O campo da bobina vai tá pra lá e o campo da Terra vai tá pra lá.	Aponta, agora com relação à bússola, os sentidos dos vetores que representam os campos magnéticos da Terra e da bobina (ilustração 4.17).

Ao construir, no plano interno, o processo de redescrição representacional, Pedro mostra à Sofia como o diagrama vetorial pode ser aplicado ao novo problema. Trata-se de um prototípico processo de redescrição representacional. Motivado pelo evento de inflexão protagonizado por Sofia, Pedro se apropria do diagrama vetorial – artefato cultural primário – e cria outra forma de representá-lo ao utilizar os braços (ilustração 4.16). Com essa ação, ele externaliza sua compreensão e se dirige a outro sujeito (objetivação cultural). Com isso, Pedro

compartilha a significância do artefato¹⁷, por meio do mecanismo de *coordenação de perspectivas complementares*. Neste caso, podemos reconhecer como perspectivas complementares a representação feita pelo professor no quadro que, naturalmente, está em um plano vertical, e o problema real, situado no plano horizontal, determinado pelas orientações dos campos magnéticos da bobina e da Terra¹⁸. Ou seja, Pedro utiliza um gesto simbólico para transpor o diagrama vetorial do quadro ao conjunto bússola-bobina, dispositivo no qual o artefato primário – diagrama vetorial – deverá ser usado para representar a superposição dos campos magnéticos envolvidos.



Ilustração 4.16: Sofia em atenção conjunta com Pedro, que executa uma redescrição representacional do diagrama vetorial com o objetivo de mostrar o que ele deve representar na situação-problema enfrentada.

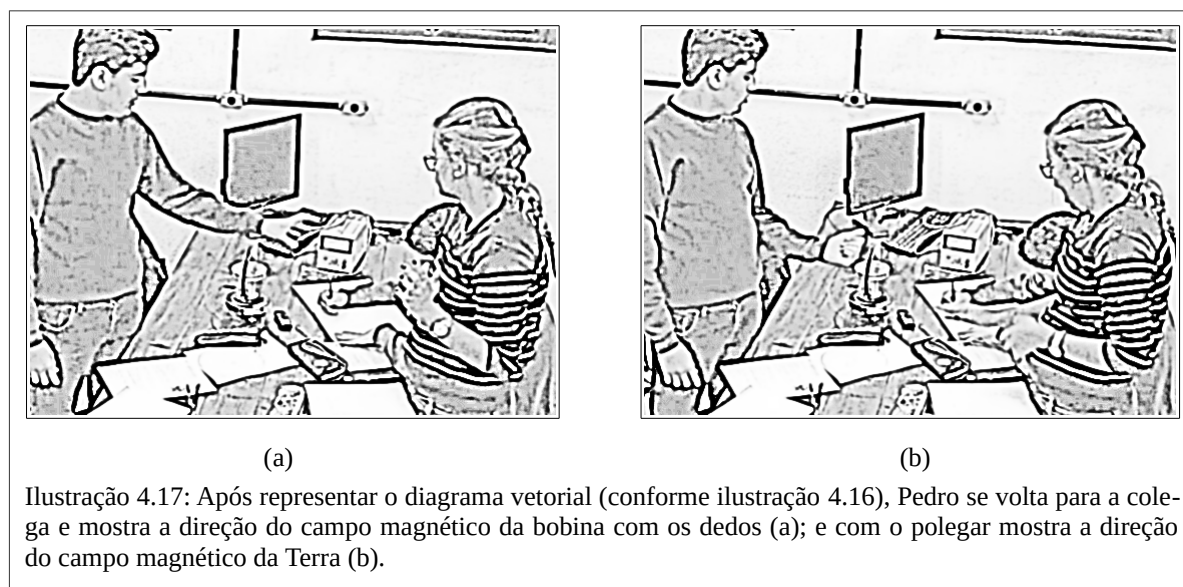
Na sequência, ele ainda mostra o sentido do campo magnético da Terra e do campo magnético da bobina, confirmando que os sentidos dos vetores que representam os dois campos estão dispostos ortogonalmente e no plano horizontal, justificando o posicionamento específico da montagem (ilustração 4.17).

Vimos, até este ponto da análise, que o uso do diagrama vetorial para a representação da superposição do campo magnético terrestre com o campo magnético de uma bobina implica na orquestração do uso de diferentes artefatos culturais, principalmente o diagrama

17 Essa é uma situação prototípica de reconhecimento da significância de um artefato cultural, pois incorpora o que Bakhurst chamou de critérios de razão e uso.

18 Para ser mais preciso, trata-se da componente horizontal do campo magnético da Terra.

vetorial e o conjunto bússola-bobina. Esses artefatos, que foram construídos historicamente por uma comunidade de prática, têm significados estabilizados e sistematizados por seu uso por aquela comunidade. Em um grupo de estudantes do ensino médio, não se espera que esse



uso seja feito com o rigor e com a desenvoltura com que os especialistas o utilizam. Ademais, como mencionado anteriormente, há um outro artefato cultural implícito: o conceito de campo magnético. Altamente abstrato, seu uso é explicitado e materializado a todo instante, por meio de desenhos de linhas de campo, de regras mnemônicas evocadas por meio de gestos específicos e também pela representação em diagramas vetoriais. Estas representações se constituíram, ao longo do tempo histórico, como artefatos culturais do sistema simbólico da Física.

4.4.2. O grupo *H*

Caracterização

Os estudantes do grupo *H*, como também os do grupo *C*, trabalham no esquema de divisão espontânea de tarefas, conforme a aptidão de cada um. Nas atividades experimentais, no laboratório, Thales sempre assume as tarefas de montagem dos equipamentos enquanto Elisa e Thiago estudam o roteiro. Embora Thales não tenha o hábito de tomar nota em seu caderno, ele se faz presente, contribuindo com as respostas dadas às questões propostas no roteiro, orientadoras da atividade. Às vezes, é persuasivo e perseverante o bastante para

convencer os colegas de seu ponto de vista até mesmo com argumentos equivocados. Por outro lado, quando interpõe um questionamento acerca de uma situação mal resolvida, da qual ele ainda tem dúvidas, não se satisfaz com respostas pouco convincentes ou insuficientes.

O comportamento de Thiago se parece um pouco com o de Sofia, do grupo *C*, ao evocar a autoridade do professor como argumento para suas escolhas no decorrer da atividade. No entanto, ele usa desse expediente quando se depara com um impasse conceitual que não consegue superar. Nesses momentos, ele opta por seguir as orientações dadas pelo professor, mesmo sem entender a razão delas. Thiago é mais intransigente nesses momentos, enquanto Sofia, do grupo *C*, embora seja mais enfática quando defende as orientações do professor, acaba aceitando as opções sugeridas pelos colegas de grupo.

Elisa assume a função de “coordenadora” das ações do grupo. Ela acompanha o roteiro, manifesta suas dúvidas e pede esclarecimentos e sugestões aos colegas. Com esse comportamento, ela faz com que o grupo obedeça à sequência de questões contidas tanto nos roteiros experimentais, nas aulas de laboratório, como nos tutoriais, nas aulas de classe. Diante de algumas dificuldades, mostra-se desapontada, mas continua se esforçando para compreender as situações enfrentadas.

Em comparação com o grupo *C*, os estudantes do grupo *H* mostram-se mais comprometidos com uma solução conjunta dos problemas enfrentados; todos caminham no mesmo ritmo. Por esse motivo, as discussões que ocorreram no desenvolvimento da própria atividade, na fase de coleta de dados, apresentaram situações muito ricas, considerando-se o objeto da pesquisa.

Notas prévias à análise

A repetição de uma mesma estratégia metodológica de análise, utilizada nos episódios destacados para o grupo *H*, teve o objetivo de fazer uma análise contrastiva, quando isso foi possível e significativo para a pesquisa. Fizemos isso investigando se os indicadores de socialização de sentidos, representados por mecanismos de cognição compartilhada, manifestaram-se de maneira semelhante e se suas características correspondem àquelas já determinadas para o grupo *C*.

Como no grupo *C*, exploramos três episódios de cognição cultural, apontando indícios de consolidação do uso dos artefatos/conceitos envolvidos na condução das atividades, sendo

que, no grupo *H*, o principal artefato cultural que orientou as escolhas dos episódios a serem analisados foi a regra da mão direita, de Ampère, para a qual muitos professores, inclusive o professor da turma que analisamos, usam uma analogia mnemônica: a “regra da motocicleta”. Esse artefato cultural, utilizado pela comunidade de Físicos em todo o mundo, é eficiente na determinação da orientação de campos magnéticos produzidos por correntes elétricas.

Assim, nossa análise começa pelo episódio central – Campo magnético terrestre – parte I – (LAB08A). A seguir, daremos um passo atrás, voltando nosso olhar para o episódio ocorrido em 09/07/17, na semana anterior, uma atividade em classe, circunscrita por um tutorial, em que os estudantes devem caracterizar o campo magnético de uma espira de corrente. Depois, avançamos novamente, para o episódio posterior ao episódio central. Neste, a atividade gira em torno das características do campo magnético de um solenoide e complementa o mesmo tutorial. O quadro 4.16, a seguir, apresenta a sequência cronológica dessas atividades.

Quadro 4.16: Cronologia dos episódios em que ocorrem os eventos de interesse para o grupo *H*. O episódio central está destacado.

Data	Atividade desenvolvida	Episódio
09/07	Aula de classe – Tutorial 7 – Interações magnéticas – parte III – Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira retangular e em solenoides – Seções A e B – Espiras de corrente. O tutorial pode ser consultado no anexo E, pág. 231.	Episódio que antecede o episódio central.
14/07 (manhã)	LAB08A – Campo magnético terrestre – parte I	Episódio central.
14/07 (tarde)	Aula de classe – Tutorial 7 – Interações magnéticas – parte III – Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira retangular e em solenoides – Seção C – Solenoides.	Episódio posterior ao episódio central.

Episódio central

Atividade de laboratório LAB08A (ANEXO B, pág. 225) – 14-07-2015 (manhã)
“Campo magnético terrestre – parte I”

O episódio que demarcamos como episódio central começa no momento em que a montagem do equipamento experimental está concluída e os estudantes se preparam para efetuar as medidas com as quais deverão obter uma relação matemática envolvendo o campo magnético terrestre e o campo magnético da bobina, objetivo final desta atividade.

Cenário

O cenário mostra uma discussão entre Thales e Thiago sobre o motivo pelo qual o plano da bobina deveria ficar alinhado ao campo magnético terrestre¹⁹. No entanto, queremos ressaltar, nesse cenário, a discussão que se faz em torno do campo produzido pela bobina, quando esta é percorrida por corrente elétrica. Nesse evento, Thales usa a “regra da motocicleta” e indica corretamente a polaridade da bobina por diversas vezes, mencionando inclusive em que sentido a corrente deveria percorrer a bobina para corresponder à polaridade indicada (ilustração 4.18). Entretanto, sua argumentação indica que o campo magnético produzido pela bobina deveria ficar alinhado com o campo da Terra, o que não é o caso. Veremos que Thiago não concorda e tampouco está interessado em discutir as razões teóricas envolvidas no posicionamento da bobina, apelando para a autoridade do professor.



Ilustração 4.18: Após executar a “regra da motocicleta”, Thales indica a polaridade da bobina com as mãos espalmadas, paralelas às faces da bobina. Essa compreensão do problema é trazida de uma aula de classe anterior a essa (episódio anterior ao episódio central).

Na discussão entre Thiago e Thales fica claro que Thiago não tem a mesma compreensão que Thales sobre a orientação do campo magnético produzido pela corrente elétrica. São perspectivas antagônicas que precisam de coordenação. O quadro 4.17, a seguir,

¹⁹ Sabemos que a razão para essa orientação é tornar possível a obtenção de um diagrama vetorial ortogonal, por meio do qual é possível usar relações trigonométricas para estabelecer relações entre as grandezas envolvidas. Neste momento, o professor ainda não havia esclarecido aos estudantes que eles utilizariam um diagrama vetorial, o que poderia por um fim a esta questão. Se julgar necessário, o leitor pode recorrer à ilustração 4.12, à pág. 148. Embora aquela figura se refira a uma ação verificada para o outro grupo, trata-se da mesma atividade.

traz trechos da discussão travada entre os dois.

Quadro 4.17: **Cenário:** Os estudantes estão preparando a montagem experimental para o estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre. Eles recebem orientação segundo a qual devem posicionar o equipamento de tal forma que o plano da bobina fique alinhado com o campo magnético da Terra. Thales quer saber porque deve ser dessa maneira e não de outra. A transcrição completa desse episódio pode ser consultada no apêndice H, pág. 251.

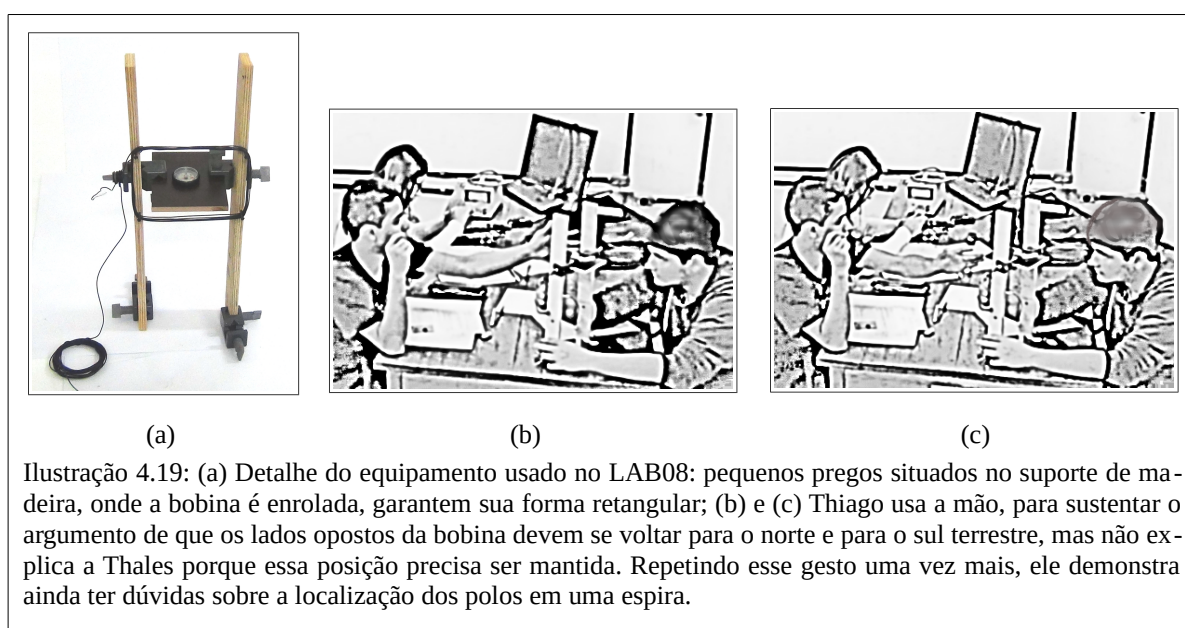
Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 11:09 a 12:54 (H-LAB08A-14-julho-15-1.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: (1) Conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (Ilustração 4.19, pág. 164); (2) regra de Ampère, ou regra da mão direita, ou “regra da motocicleta” – como os estudantes e professor a ela se referem (Ilustração 4.1, pág.115).

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
98	Thales	Mas, qual vai ser o problema se eu colocar ela [a bobina] assim ou assim?	Ignorando a informação de que o plano da bobina deve ficar na direção norte-sul, ele gira o suporte, colocando o plano da bobina perpendicular ao campo da Terra em vez de paralelo.
99	Thiago	Assim, de lado? Assim, não tem norte-sul, não! A espira tem que ficar aqui... norte-sul... Aí é só... [faz o gesto como se fosse enrolar o fio no suporte].	Embora ele esteja posicionando a bobina corretamente, ele dá a entender que os polos da bobina estão concentrados sobre os fios (ilustração 4.19). Eles estão chamando a bobina de “espira”, estabelecendo uma relação com a atividade feita em classe – Tutorial 7.
100	Thales	Mas, não faz sentido, veio!	
101	Thiago	A espira tem que ficar aqui assim... norte-sul... Você não pode botar ela aqui, porque a parte de trás dela aqui...	Não nos foi possível entender o que ele quer dizer com isso. De qualquer forma, Thiago indica a posição correta da bobina, com o plano da bobina na direção norte-sul.
102	Thales	É para alinhar com o negócio da Terra?	
103	Thiago	Se botar assim, ela vai tá norte-sul aqui... [com o plano da bobina paralela ao campo da Terra]. Só que se virar aqui... ela vai tá... [sinaliza mostrando que o plano da bobina gira noventa graus]... porque isso aqui seria tipo... as pontas da espira... tipo polo norte e polo sul da espira, entre aspas... entre aspas...	
104	Thales	Polo norte e polo sul tá aqui...	Thales mostra corretamente a polaridade da bobina.
105	Thiago	Não veio! A gente alinha daquele jeito que ele fez [apontando para a montagem deixada pelo professor na outra bancada]. Esses dois pontos aqui! Pode deixar desse jeito assim... praticamente.	Recorrendo à autoridade do professor.
106	Thales	Então eu posso colocar de qualquer outro ponto, não tem problema?	
107	Thiago	Tem.	
108	Thales	Porque que tem?	

109	Thiago	Por que aí não dá para [inaudível – medir?].	O trecho inaudível parece ser a palavra medir.
110	Thales	Isso aqui vai continuar sendo norte-sul [apontando corretamente a polaridade da bobina]. Isso aqui vai ser norte, isso aqui vai ser sul... se a corrente for assim.	Ele usa corretamente a “regra da motocicleta”.
111	Thiago	Não, mas ele não quer que você muda norte-sul da espira, ele quer que você deixa... norte-sul da Terra. Tem que ficar assim! Desse jeito!	Ele apela novamente à orientação dada e gira de novo o suporte para a posição correta.
112	Thales	O norte-sul da Terra é isso! O norte [da Terra] é pra lá.	Com a intenção de alinhar o campo da bobina e não o plano da bobina com o campo da Terra.

Embora esse cenário aponte para um desentendimento de ordem prática, há uma evidente dificuldade de Thiago em construir uma explicação satisfatória para o questionamento do Thales. Quando Thiago tenta convencer Thales do correto posicionamento da bobina, ele o faz indicando que dois lados opostos da bobina devem permanecer voltados para o norte e para o sul (ver ilustração 4.19b e 4.19c), com base apenas na orientação dada pelo professor.



Entretanto, com a insistência e os “porquês” de Thales, Thiago parece resgatar a ideia de que os polos magnéticos da bobina estão sobre os próprios fios (ou nas proximidades deles), ideia que foi aventada por eles na última aula de classe, episódio anterior a este, cuja análise está documentada na próxima seção (episódio anterior ao episódio central).

A questão é que Thales não está percebendo a diferença fundamental entre colocar o

plano da bobina na direção norte-sul e colocar o campo da bobina nesta direção²⁰. Ele tem um comportamento muito parecido com o do Pedro, do grupo C, diante da mesma situação. Ele não está se concentrando na instrução expressa do roteiro de que “o plano da bobina [e não o campo da bobina] deve ser alinhado com a direção norte-sul do campo magnético terrestre”.

O comportamento do Thiago, de se apoiar na autoridade do professor, é muito parecido com aquele descrito para Sofia, no grupo C. Embora as situações analisadas nos dois grupos não sejam as mesmas, ambos defendem sua posição diante de seus respectivos colegas de grupo, utilizando o argumento de autoridade. Entretanto, no caso do grupo C, os colegas conseguem convencer Sofia de que o caminho adotado é um dos possíveis, e está correto. Ela é convencida pelos pares de que não é necessário seguir os mesmos passos do professor. O que presenciamos neste segmento é que Thiago faz valer a autoridade do professor, e as explicações que oferece a Thales mostram-se insuficientes em termos conceituais. Nesse episódio, Elisa não tem participação direta.

Minutos depois, quando o professor se aproxima do grupo, Thales manifesta sua dúvida e se refere ao embate com Thiago sobre o posicionamento da bobina. Curiosamente, Thales não formula a mesma questão ao professor (*Por que é assim e não de outra forma?*). Assim, o professor apenas confirma que a posição sugerida pelo Thiago está de acordo com a orientação do roteiro. Sabemos que o professor voltará a tratar esse assunto a seguir, na primeira plenária desta aula, na qual o professor vai explicar o uso do diagrama vetorial para alcançar o objetivo da atividade – obter uma relação matemática entre o campo magnético terrestre e o campo magnético produzido pela bobina. Com esse tratamento, o professor justificará a necessidade de se posicionar a bobina em relação ao campo magnético terrestre daquela maneira.

Esse cenário mostra duas posições comportamentais antagônicas, envolvendo Thales e Thiago, com relação à postura diante do problema a ser enfrentado. Enquanto Thales busca um fundamento que possa explicar o posicionamento da bobina, Thiago se preocupa com o desenvolvimento da atividade, optando pela implementação de ações práticas, decorrentes da orientação do professor, que possibilitem a execução das medidas experimentais necessárias para se alcançar o objetivo da atividade.

Do ponto de vista do trabalho em colaboração, essa diferença atitudinal equilibra o

20 O campo da bobina é perpendicular ao plano definido por ela.

grupo, no sentido de que o produto da atividade depende da atenção a ambos aspectos. O destaque maior que damos à postura do Thales diante do problema se justifica pelo objeto de pesquisa, que é a construção social de sentidos envolvendo conceitos e artefatos culturais a eles associados, quando um grupo de pessoas se reúne em sociogênese para desenvolver uma dada atividade.

Nesse sentido, o comportamento deste grupo é bem diferente daquele observado para o grupo *C*. Os eventos que destacamos nesta seção (e muitos outros que observamos) mostram processos de redescrição representacional com construção compartilhada de sentidos nas complementações que uns fazem nas falas dos outros. Em comparação com o grupo *C*, no grupo *H* é mais difícil demarcar com precisão uma participação centrada em um único estudante. No cenário descrito, em geral, vemos que eles estão sempre procurando compreender as situações em conjunto.

Evento de inflexão e processo de redescrição representacional

A partir desse cenário e da compreensão de como este grupo funciona, identificamos um evento de inflexão protagonizado por Thales, que merece destaque. Nesse evento, Elisa manifesta resistência em responder a uma questão do roteiro, e até uma certa irritação, por entender que seria necessário fazer um desenho para apresentar a resposta. Mas Thales assume o protagonismo, tomando essa tarefa para si. O quadro 4.18 apresenta a transcrição dos diálogos do grupo e o destaque ao evento de inflexão. Como veremos, com a intervenção feita pelo professor, por solicitação do grupo, a partir desse momento, é possível perceber uma mudança significativa na compreensão das representações do campo magnético de uma bobina por meio das linhas de campo e também por meio de vetores. Isso se torna possível pela melhor desenvoltura com que os estudantes passam a usar o artefato cultural “regra da motocicleta”.

Veremos na sequência que o desafio de apresentar um desenho como resposta à questão do roteiro, posto pela proposição de Elisa e aceito prontamente por Thales, dá início a um processo de mudança com relação à compreensão das possibilidades que o artefato cultural oferece como mediador necessário à compreensão da situação enfrentada. Esse evento também mostra a dificuldade adicional de se representar em duas dimensões algo que precisa de raciocínio tridimensional, inerente às situações estudadas no eletromagnetismo. Os estudantes seguem a discussão, construindo sentido com os conhecimentos postos em

negociação, utilizando como mediadores os artefatos culturais disponibilizados; a “regra da motocicleta”, artefato cultural primário, nos três episódios de interesse, é utilizada seguidas vezes por eles.

Quadro 4.18: **Evento de inflexão e processo de redescrição representacional:** Elisa se “irrita” ao pensar que seria necessário fazer um desenho para responder à questão do roteiro, o que não procede. De qualquer forma, Thales toma a iniciativa de fazer o desenho, passando-o em seguida aos colegas, que complementam o desenho, identificando nele a polaridade da bobina. Transcrição completa no apêndice I, pág. 254.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 18:14 a 22:44 (H-LAB08A-14-07-15-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, para determinar a orientação do campo magnético em torno de um fio percorrido por corrente elétrica – “regra da motocicleta”. Artefato secundário: Conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (ilustração 4.19a).

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
113	Thales	A corrente tá assim, ó... o campo tá assim [faz um gesto]... Entendeu?	O gesto do Thales tem a intenção de materializar as linhas de campo, mostrando como seriam as linhas contínuas do campo magnético ao redor do condutor (ilustração 4.20).
114	Thiago	Ela [a corrente] tá vindo pra cá. Ela passa e depois ela vai pra lá. É que ela [a corrente] começa lá em cima, né?	Grande parte desse diálogo é todo acompanhado por gestos de indicação de sentido da corrente e “regra da motocicleta”.
115	Elisa	Então dentro da bobina... o problema é que a gente tem que estabelecer onde que é norte e onde que é sul... a gente vai ter que desenhar?!	Evento de inflexão – interposição de questionamento indefinido: Elisa se mostra irritada com a “necessidade de desenhar” para responder à questão d do roteiro: “O que se pode concluir sobre a direção e o sentido do campo magnético produzido pela corrente no centro da bobina?” Não há exigência que se faça um desenho. Na verdade, a resposta passa a ser bem simples, uma vez que se tenha compreendido a possibilidade de representação vetorial.

[...]

Thales aceita a sugestão, pede um lápis a Thiago, e começa a fazer um desenho. Ele faz vários gestos, para si mesmo, que indicam o uso discreto da “regra da motocicleta”.

116	Thales	Define o campo, aí!	Thales apresenta o desenho ao grupo. A postura e a entonação da frase revelam segurança desdenhosa. É como se dissesse “precisa de um desenho... tá pronto”.
117	Elisa	Aqui vai ser sul aqui vai ser norte... só que aqui dentro... Ah, não... Não sei!	Elisa pega o desenho e identifica, no desenho do Thales, os polos da bobina. Thales e Thiago acompanham a tentativa da Elisa.
118	Thales	Dentro é do sul pro norte, fora, norte pro sul.	As imagens de vídeo mostram claramente que Thales desenha linhas de campo enquanto fala.
119	Thiago	O norte aqui e o sul, lá.	O professor se aproxima do grupo.
120	Elisa	[de dirigindo ao professor] Nós vamos representar a d em forma de desenho, porque	

		não tem como falar não...	
121	Professor	Você não sabe me falar, em poucas palavras, qual é a direção dele [<i>do campo magnético</i>] em relação à bobina?	Início do processo de redescrição representacional – ação coordenada colaborativa . O professor quer que os estudantes pensem no modelo de linhas de campo e na representação vetorial.
122	Elisa	Em relação à bobina? A gente pensou ele [<i>o campo</i>] dentro da bobina. A gente estabeleceu o norte e o sul...	Nota-se que os estudantes estão bastante cientes do modelo de linhas de campo, mas se esquecem que o campo magnético pode ser representado por um vetor em cada ponto específico.
123	Thiago	Porque o norte está aqui e o sul está lá.	
124	Professor	Beleza. Mas, vamos supor que isso aqui seja o fio... Então, o fio forma um plano, não forma? Em relação a este plano, como estaria o vetor...	O professor pega uma folha A4, colocando-a numa posição paralela ao plano da bobina. Ele passa o dedo por todo o perímetro da folha, “indicando” os fios do enrolamento da bobina (materialização de idealidade).
125	Elisa	... estaria atravessando o plano.	
126	Professor	Me mostra qual ângulo que ele forma com esse plano.	
127	Thales	...	Thales pega o pincel para indicar o vetor (materialização de idealidade) e o coloca perpendicularmente ao plano da folha, que representa a bobina.
128	Professor	Noventa graus?	Todos respondem afirmativamente.
129	Professor	Bem no centro... No ponto central, o vetor forma um ângulo de noventa graus com a espira.	Nesse momento, Thiago ainda faz mais uma vez a “regra da motocicleta” para confirmar as conclusões que acabaram de tirar.
130	Thales	Dentro é do sul pro norte.	Em atenção conjunta com Thiago.
131	Elisa	Exatamente no centro?	
132	Professor	É... vocês me falaram certinho, que as linhas de campo fazem isso aqui, não fazem?	Ele faz o gesto com o indicador para mostrar uma linha de campo contínua, aproximadamente circular, em torno dos condutores de um dos lados da bobina (materialização de idealidade).
133	Thiago	Só isso?!	Ironizando.

A partir do desenho feito pelo Thales, ocorre um processo de redescrição representacional, com características bem diferentes daqueles que observamos para o grupo C. Naquele grupo, o processo de redescrição representacional era centrado em apenas um dos estudantes, principalmente Pedro. No evento destacado no quadro 4.18, ocorre um processo de redescrição representacional que é construído pela participação ativa de todos os agentes envolvidos. Algumas ações registradas no quadro podem ser reconhecidas como intenções de materializar artefatos culturais abstratos, um dos mecanismos de cognição compartilhada que

identificamos como *materialização de idealidade* (turnos 124, 127, 132). Nos referimos à ação de Thales passando o pincel para quadro branco ao professor, para que fosse utilizado como vetor, e à ação do professor, de utilizar uma folha A4 para substituir a bobina e, em seguida, fazer o gesto característico de desenhar uma linha de campo com o dedo.

Os mecanismos que identificamos como *materialização de idealidade* se incorporam em uma prototípica *ação coordenada colaborativa* – com a participação dos quatro sujeitos envolvidos – que reconhecemos também como um mecanismo de cognição compartilhada. Nesse caso, Thales participa de forma a complementar o processo de redescrição representacional iniciado pelo professor, ao lhe entregar o pincel. Notemos também que há a participação de Elisa, quando ela completa a frase iniciada pelo professor – “... [o vetor] estaria atravessando o plano” (turno 125).



Ilustração 4.20: Thales “desenhando” com as mãos, as linhas de campo em torno dos condutores superiores da bobina. Elisa e Thiago acompanham em estado de atenção conjunta.

Para nós, o que vemos são mecanismos de cognição compartilhada, incorporados aos processos de redescrição representacional. O estado de atenção conjunta garante a sintonia entre os papéis desempenhados pelos estudantes para complementar as ações verbais dos outros, e também do professor (turnos 121 ao 132).

Mesmo o gesto do Thales, que ocorre antes do evento de inflexão (turno 113) é também um evento indicador de um processo de redescrição representacional. Ele tem a intenção explícita de mostrar espacialmente as linhas do campo magnético ao redor do

condutor na parte superior da bobina (ilustração 4.20). Essa ação, a nosso ver, contribui para a construção social de sentido, que se configura no processo de redescrição representacional que acabamos de descrever.

A mediação cuidadosa do professor, ao sugerir um caminho para uma resposta sem explicitá-la, o que seria simples para o especialista, concedeu aos estudantes o tempo para que a construíssem socialmente. No final, Thiago percebe que a resposta construída com a ajuda do professor, utilizando o conceito-artefato vetor, é muito mais simples quando comparada àquela que eles vinham tentando; depois de confirmá-la novamente com a “regra da motocicleta”, ironiza: “Só isso?!” (turno 133).

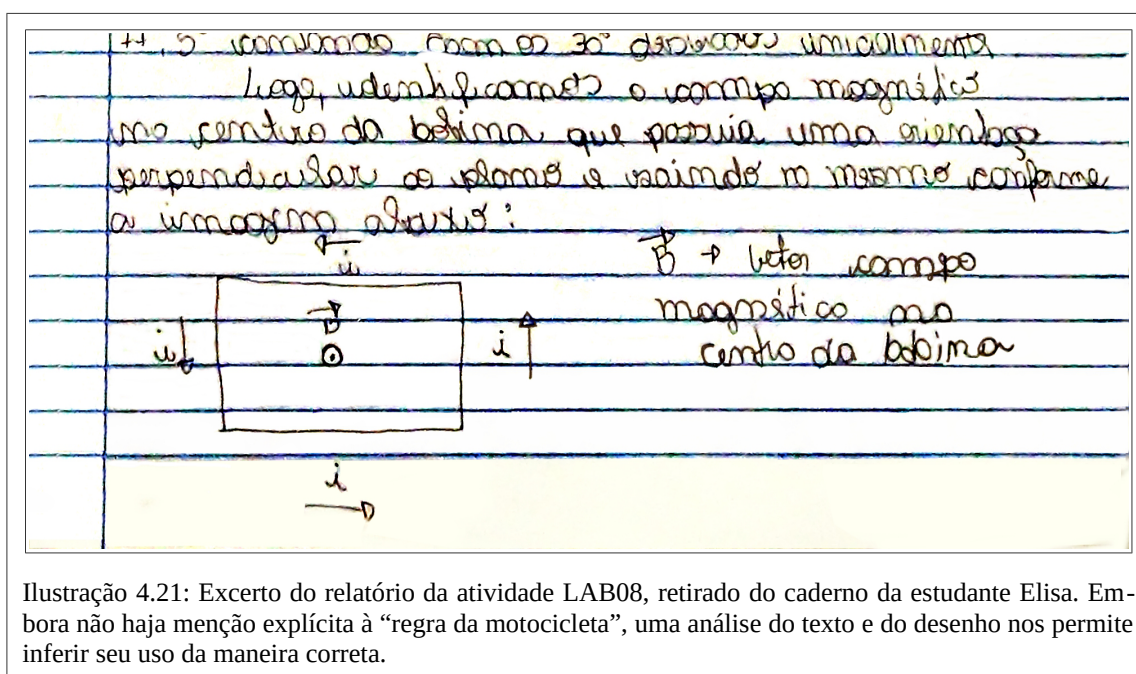


Ilustração 4.21: Excerto do relatório da atividade LAB08, retirado do caderno da estudante Elisa. Embora não haja menção explícita à “regra da motocicleta”, uma análise do texto e do desenho nos permite inferir seu uso da maneira correta.

O que testemunhamos nesse evento evidencia que os processos de redescrição representacional emergem de forma sintonizada, com comportamentos, ações e discursos complementares à construção social de sentidos. A participação de cada um é vista em cenas de inversão de papéis, no endosso de perspectivas de outrem, que são assumidas nas interações sociais (ROSSETTI-FERREIRA; AMORIM; SILVA, 2000, p. 5). Essa é uma característica que diferencia esse grupo do grupo C, no qual, na maioria das vezes, Pedro assumia o protagonismo nos eventos nos quais identificamos processos de redescrição representacional.

Nos turnos de 121 a 132, vemos que a mediação do professor permite aos estudantes construir uma resposta à questão do roteiro, sem a necessidade de um desenho como eles

pretendiam. Uma análise do relatório que eles viriam a produzir no encontro seguinte, no laboratório, é uma evidência da evolução do uso do artefato cultural com mais propriedade. O relatório traz o desenho de uma espira e o campo magnético representado por um vetor perpendicular ao plano da bobina, apontando para fora dele (ilustração 4.21), acompanhado de um texto que descreve o desenho. Ainda que o relatório dessa atividade tenha sido feito com pouco cuidado, apresentando seções com argumentos sem conexão com as outras seções, e não tenha ficado tão coeso quanto se espera de um relatório experimental, essa parte do texto indica a evolução do uso do artefato cultural primário regra da mão direita, ou “regra da motocicleta”.

Episódio anterior ao episódio central

Aula de classe – 09/07/2015

Tutorial 7 (ANEXO E, pág. 231) – Interações magnéticas – parte III

O episódio que vamos descrever nesta seção tem como contexto a parte III do tutorial que aborda interações magnéticas – a interação entre campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira e campos magnéticos de ímãs. Trata-se de uma aula de classe que ocorreu antes do episódio que acabamos de analisar.

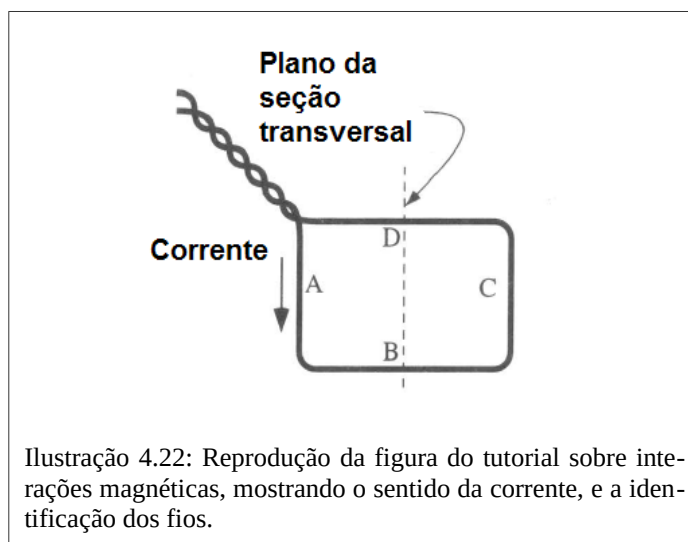
Cenário

O professor inicia a aula chamando os estudantes para a preleção e resgata o que foi tratado na aula anterior. Naquela oportunidade, os estudantes estudaram a interação entre um fio retilíneo percorrido por corrente elétrica e um ímã em forma de barra – partes I e II do mesmo tutorial. Os artefatos culturais envolvidos naquela ocasião foram as duas regras da mão direita; a “regra do tapa”²¹, para a força que atua sobre um condutor percorrido por corrente elétrica, e a “regra da motocicleta”, para a orientação das linhas de campo em torno do mesmo condutor. Esta última é um artefato cultural que permite “materializar” as linhas de campo. Ambas são artefatos culturais, ao mesmo tempo, mnemônicos e analógicos.

Após a preleção, os estudantes começam a discutir a situação-problema proposta e a questão fundamental daquela parte do tutorial – o reconhecimento das propriedades

21 Esta regra permite prever a direção e o sentido de forças que atuam em um condutor elétrico, na presença de um campo magnético. Veremos adiante que a “regra do tapa” não ajuda a responder às questões desta parte do tutorial. Por esse motivo, julgamos que não seria necessário descrevê-la com mais detalhes.

magnéticas de uma espira percorrida por corrente elétrica e sua semelhança com um ímã em forma de barra. A ilustração 4.22 mostra a espira, conforme é apresentada no tutorial.



Nas primeiras tentativas para encontrar um campo magnético que se assemelhe ao campo de um ímã, os estudantes evocam a “regra do tapa”. Eles começam a pensar em forças que atuam sobre fios paralelos percorridos por corrente elétrica. Com pouca convicção, falam em resultante de vetores, que representariam os campos magnéticos no centro da espira. Essa regra, assim como a “regra da motocicleta”, o artefato cultural primário relacionado ao grupo *H*, foi estudada nas seções anteriores do mesmo tutorial.

Neste cenário, há várias tentativas de explicação que são processos de redescritção representacional incompletos, no sentido de que não alcançam uma conclusão satisfatória. O interessante, do ponto de vista da pesquisa, é o fato de que os próprios estudantes percebem que suas explicações são inadequadas e insuficientes; elas não os convencem. O professor é chamado ao grupo, mas não dá uma resposta definitiva aos estudantes. Ele chama a atenção para alguns detalhes importantes nas representações que os estudantes fizeram dos campos magnéticos, propõe algumas mudanças e os encoraja a continuar procurando a semelhança entre os campos magnéticos da espira e do ímã.

Não respondendo às dúvidas dos estudantes diretamente, o professor os mantém deliberadamente em situação de desconforto produtivo, conforme orientação para o desenvolvimento de atividades com tutoriais. Os estudantes reconhecem que ainda há obstáculos a serem superados. O quadro 4.19, que descreve o cenário, apresenta as transcrições dos primeiros diálogos entre os estudantes do grupo e a participação do professor.

Assim, reunidos em sociogênese e seguindo a orientação do tutorial, os estudantes estão buscando as semelhanças entre o campo produzido por uma bobina e o campo de um pequeno ímã em forma de barra. Eis a questão central formulada nessa seção do tutorial: “Quais são as semelhanças entre as linhas do campo magnético produzido por uma espira e as linhas de campo magnético de um pequeno ímã de barra? Mostre essas semelhanças, esboçando as linhas de campo de um ímã em barra e as de uma espira”.

Quadro 4.19: **Cenário:** Os estudantes se deparam com uma nova situação, a produção de um campo magnético por meio de uma espira quadrada. Em sociogênese, eles tentam enfrentar a nova situação com artefatos culturais disponíveis e conhecidos: a regra da mão direita para a orientação das linhas de campo (“regra da motocicleta”) e a regra da mão direita para a força magnética (“regra do tapa”), ambas utilizadas em atividades anteriores (transcrição completa no apêndice J, pág. 258).

Registro da aula do dia 09/07/2015: Segmento: 00:55 a 07:30 (H-09-julho-15-classe-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra de Ampère, ou regra da mão direita, ou “regra da motocicleta” – como os estudantes e professor a ela se referem (Ilustração 4.1, pág. 115). Artefato secundário: modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7 (ilustração 4.22, pág. 172).

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
134	Thales	Não tem semelhança, veio!	Se referindo à questão principal nesta seção do tutorial, que implica no reconhecimento das semelhanças entre o campo magnético de uma espira e o campo magnético de um ímã em forma de barra.
135	Elisa	E o polo norte e o polo sul da espira de corrente?!	
136	Thales	Tem isso?!	A surpresa do Thales é emblemática.
137	Elisa	Aqui, ó! “Você é capaz de identificar...”.	Lendo a questão do roteiro.
138	Thiago	“... polo norte e polo sul”.	
139	Thales	B e D?	Se referindo aos fios B e D (lados da bobina), conforme desenho no tutorial como polos magnéticos (ilustração 4.22).
140	Elisa	Talvez, porque o sentido da corrente vai ser diferente.	Eles se aproximam da compreensão da questão central do problema. Elisa se refere a dois fios paralelos percorridos por corrente elétrica, que foi assunto da última aula de classe.
141	Thales	É.	
142	Elisa	Porque tem aquele negócio... quando o sentido é o mesmo, os ímãs vão fazer assim... [faz um gesto com as duas mãos representando duas correntes com o mesmo sentido para cima (dedos indicadores) e sinaliza uma atração entre as duas mãos]. ... quando o sentido é oposto, eles vão fazer assim... [faz novo gesto, representando correntes opostas com o polegar,	

		<i> sinalizando um afastamento dos fios].</i> ... talvez é o sentido da corrente que vai alterar o polo norte e o sul na... Com certeza, vai ser o sentido da corrente, mas daí, identificar isso na espira?!	
143	Thiago	Às vezes A e B é um polo e D e C é outro polo... Porque é contínuo, assim... Sei lá... Não sei!	Associando polaridade aos condutores sem qualquer argumento que o justifique.
144	Elisa	<i>[Se dirigindo ao professor]</i> A gente não achou semelhança nenhuma. Não sei...	
145	Professor	Aqui você desenhou linhas de campo, não foi? Aqui você fez um negócio descontínuo... Faz as linhas contínuas aqui, que você vai enxergar melhor.	Primeiro, o professor se refere ao desenho feito por Thiago.
146	Elisa	Eu fiz e não vi semelhança nenhuma.	
147	Professor	Porquê? Aqui você fez quantas linhas? Duas. Olha o tanto de linhas que você fez ali.	Se referindo ao desenho feito por Thiago.
148	Elisa	Se eu fizer um monte de linhas aqui, a única coisa que vai aumentar, é o tamanho aqui, ó!	
149	Professor	Como vai ficar a linha bem central, que está na mesma distância desse fio e desse? Pensa nisso.	O professor deixa o grupo e os estudantes se voltam para o problema novamente.
150	Thales	Aqui no meio tem uma reta, mas aqui não é questão de reta. Ambas vão bater aqui no meio, só que a resultante vai ser zero, entre as duas... O A e o C vão ser equidistantes. O ponto equidistante do A e do C vai ser zero.	Este raciocínio estaria correto se a corrente nos lados opostos da espira tivessem o mesmo sentido, o que não ocorre.
151	Thiago	No meio, veio. Vai ter uma parada aqui, uma parada aqui... vai ser reta.	A linha magnética que passa no centro da bobina é uma linha reta. Mas Thiago não tem uma explicação para isso.
152	Thales	Vai ter um negócio reto no meio? Você é louco? A resultante vai ser assim, ó! A de cima e a de baixo. Aí vai bater as duas, vai ser zero... vai ter um vetor pra lá, um vetor pra cá... o resultante vai ser zero. Continua não tendo relação nenhuma.	Thales posiciona as mãos para indicar linhas de campo opostas. A seguir, ele dá um “tratamento vetorial” ao problema, indicando vetores opostos com os dedos indicadores. As duas interpretações são equivocadas, pois os campos se superpõem e os vetores se somam.
153	Thiago	Mas, e a linha do meio?	
154	Thales	A linha do meio dá a volta no mundo e volta pro lado do sul.	Ele não percebe a inconsistência em sua própria fala. O que significa “resultante zero” para ele? Como poderia “existir uma linha de campo” se o campo resultante fosse zero?

Como vemos na fala da Elisa, ao trazer elementos de outro contexto, ela se aproxima da percepção de que os campos podem se superpor. Elisa se refere a dois fios paralelos percorridos por corrente elétrica, que foi o assunto da última aula de classe. Entretanto, apesar

da semelhança entre os casos, Elisa está confundindo o fenômeno de atração ou repulsão entre dois condutores paralelos, para o qual se usa a “regra do tapa” com o objetivo de definir o sentido das forças que atuam sobre os condutores. Com base nessa referência, ela afirma que “com certeza, o sentido da corrente vai alterar o polo norte e o sul...”. Essa atitude, de evocar situações semelhantes já vivenciadas, está delineada, neste caso, pelo mesmo fenômeno, que é a produção de campo magnético por meio de uma corrente elétrica.

No evento transcrito (turno 142), Elisa usa a “regra do tapa”, falando em atração e repulsão entre condutores paralelos. Os colegas acompanham sua abordagem ao problema e Thales parece concordar com seu raciocínio (quadro 4.19, turnos 150 a 154). Vale lembrar que Thales tem tentado explicar a situação com o conceito de resultante. Assim, eles parecem se aproximar da compreensão da questão central do problema. Entretanto, a “regra do tapa”, como artefato cultural, não é útil para responder ao problema posto nessa questão. Seu uso, além de ser desnecessário, está acompanhado de uma premissa equivocada, de que a corrente em lados opostos da espira tem mesmo sentido.

Até esse momento da análise, verificamos que nenhum dos três estudantes percebeu que o campo magnético produzido pela corrente elétrica tem a mesma orientação na área delimitada pelos lados da espira, seja qual for o lado da espira que eles tomarem como referência para aplicação da “regra da motocicleta”. Conforme Bakhurst, afirmamos que este é um exemplo prototípico de se fazer uso de um artefato cultural sem a devida compreensão de sua razão, o que é absolutamente aceitável em processos de aprendizagem.

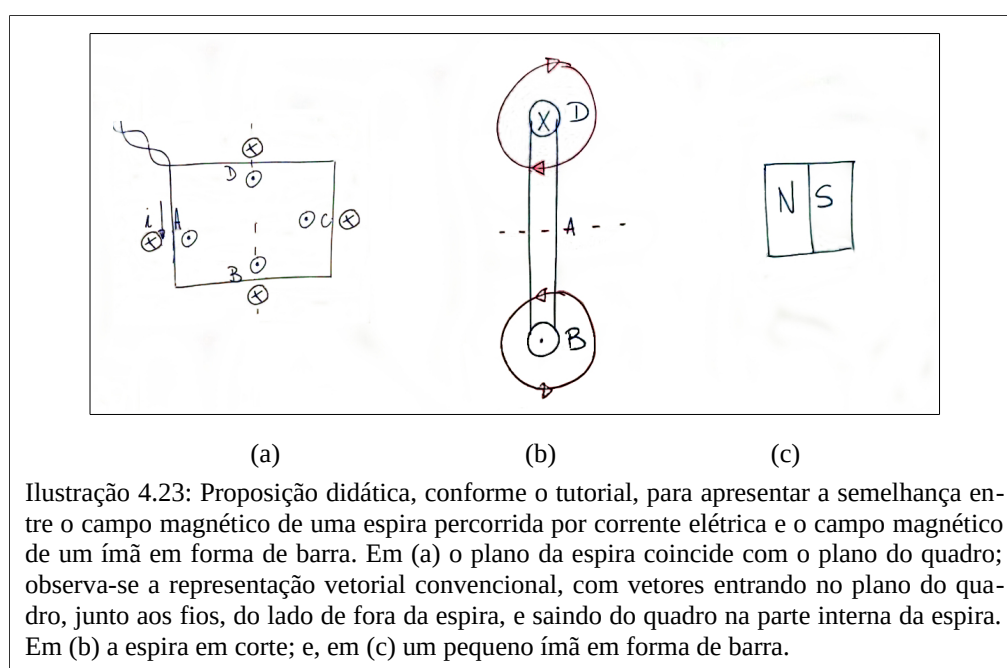
Embora Thiago não nos ofereça elementos mais concretos, vemos que no turno 151, sua conclusão a respeito de uma linha de campo retilínea no centro da espira indica que ele está fazendo uma inferência por simetria, uma vez que as linhas de campo na área interna de uma espira divergem em curvas a partir do centro para ambos os lados. Entretanto, o que vemos aqui é um ato cognitivo não compartilhado. Thiago não propõe qualquer explicação para sua proposta e a ideia de Thales – equivocada – acaba prevalecendo. São perspectivas antagônicas que poderiam ser superadas por meio de uma coordenação de perspectivas.

Evento de inflexão

Nós vimos, no cenário, que o professor estimula os estudantes a debater e procurar respostas às suas dúvidas na interação com os colegas de grupo. Do ponto de vista das

orientações pedagógicas para o trabalho com tutoriais, isso é essencial, pois torna os estudantes protagonistas pela busca da compreensão dos fenômenos estudados.

Em dado momento, que antecede o evento de inflexão, o professor chama os estudantes para a plenária. Ele explicita que a abordagem que pretende fazer tem o objetivo direto de atacar as “dificuldades de alguns estudantes em comparar o campo da espira com o campo do ímã em barra”, que ele observara nos contatos com os grupos. Como de costume, os estudantes, não só do grupo *H*, prestam bastante atenção à plenária.



O professor vai ao quadro, onde reproduz os desenhos encontrados no tutorial. Ao fazer uma conexão entre os dois desenhos – da espira vista em um plano (ilustração 4.23a) e da espira em corte (ilustração 4.23b), o professor enfatiza que o campo magnético produzido pela corrente em cada lado da espira produz, na sua área central, linhas de campo magnético que têm o mesmo sentido. No caso da ilustração 4.23a, elas são perpendiculares ao plano da espira (plano do quadro) e estão orientadas “saindo” dele. Ele faz o procedimento passo a passo e, na sequência, inclui as linhas de campo nos fios B e D, agora na espira em corte (ilustração 4.23b). Dessa maneira, o professor tem a expectativa de que os estudantes sejam capazes de perceber como o campo da bobina em corte se assemelha ao campo do ímã em barra.

Em seguida, ele se volta para a turma e pergunta se todos conseguiram fazer a representação do campo magnético na espira, no desenho em corte (ilustração 4.23b). A

manifestação do Thiago, como vemos a seguir, é emblemática, sinalizando que ele não entendeu de maneira satisfatória essas representações. Vale lembrar que nos turnos 139 e 143 (quadro 4.19), Thales e Thiago, respectivamente, manifestam a ideia de polos magnéticos situados nos próprios fios da espira.

Professor	Todos conseguiram fazer essa representação? [<i>se referindo ao desenho reproduzido na ilustração 4.23b</i>].
Thiago	Na verdade, difícil...

Um pouco depois, o professor acrescenta ao desenho as linhas de campo do ímã. A representação das linhas de campo de ímãs é algo familiar para os estudantes, assunto que foi explorado em outras atividades que precederam a abordagem do tópico eletromagnetismo. Após a plenária, os estudantes seguem debatendo o problema, tentando encontrar a semelhança entre o campo do ímã em forma de barra e o campo da espira. Os diálogos estão transcritos no quadro 4.20. Nesse evento, parecia que os estudantes do grupo *H* haviam chegado ao limite da argumentação, quando um personagem de outro grupo, Bruno, pergunta diretamente a Thales o que eles conseguiram. O debate entre os dois leva a um evento de inflexão em que Thales protagoniza um momento de *epifania*. A epifania marca aqueles momentos em que o sujeito tem uma reação emocional, manifestando subitamente algum nível de compreensão do problema. Por isso é um evento de inflexão prototípico. Ele marca um ponto em que a atividade muda de configuração, os comportamentos das pessoas se alteram com respeito ao problema. Isso significa que um ou mais agentes na atividade melhoraram sua compreensão acerca da razão e do uso de um artefato cultural, que passa a ser fundamental para a compreensão ou para a solução de uma situação-problema.

Quadro 4.20: **Evento de inflexão:** Um estudante de outro grupo faz uma pergunta aos estudantes do grupo *H*. Ao formular a pergunta, ele traz à tona um elemento da atividade que aparentemente havia sido deixado de lado nas discussões internas do grupo *H*, que é o próprio ímã. Após o “término” do diálogo com o agente externo, Thales subitamente tem um momento epifânico e propõe uma resposta nova para o problema. Transcrição completa no apêndice K, pág. 262.

Registro da aula do dia 09/07/2015: Segmento: 21:53 a 24:06 (*H-09-julho-15-classe-2.mp4*)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, ou “regra da motocicleta”, como estudantes e professor a ela se referem. Artefatos secundários: modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7 (ilustração 4.22, pág. 172); campos magnéticos.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
155	Thiago	Norte, porque estão saindo dele... Mas, sul fora? É estranho! Depende do ponto que você pegar!	Thales e Thiago discutem usando o modelo material de espira.

156	Thales	Não. Independente do ponto que você pegar. O sul, sempre quando estiver fora, ele vai tá entrando. E sempre que ele estiver dentro, ele tá saindo. É tipo assim, ó [<i>ele usa a espira na mão do Thiago para apontar com os dedos, as orientações das linhas de campo</i>]. ... Eu acho que dentro é o norte e fora, sul.	Thiago está segurando a espira e Thales aponta com um dos dedos indicadores, a orientação da linha de campo entrando na área interna da espira. Essa discussão entre eles mostra que, nesse momento, eles ainda não encontraram a semelhança com o ímã. A ideia de “dentro norte” e “fora sul”, duas vezes manifestada por Thales, faz sentido quando se olha para o desenho do professor no quadro (ilustração 4.23a). Thales chama o professor.
157	Thiago	A, B, C e D. É estranho, não?	
158	Thales	É estranho, mas é a único jeito que eu consegui representar. Pelo menos, na minha opinião.	
159	Thiago	Porque todos os pontos dentro [<i>da área delimitada pela espira</i>] estão entrando.	
160	Thales	Tirando os pontos equidistantes de todos os fios, onde a resultante é zero, todos os pontos dentro estão saindo e todos os pontos fora estão entrando. Eu acho que norte é dentro e o sul é fora.	
161	Thiago	Difícil...	Ele não está seguro com esta ideia.
162	Thales	Dentro é norte, e fora é o sul!	Thales responde a Bruno, do grupo B.
163	Bruno	Acho que fora é o norte, porque quando tá dentro da espira...	O argumento do Bruno é que fora é norte e dentro é sul, mudando apenas a polaridade, permanecendo a ideia.
164	Thiago	... tá saindo.	
165	Bruno	... tá saindo, e quando tá dentro do ímã, tá saindo também.	Ao mencionar o ímã, Bruno parece lançar o elemento que faltava a Thales.
166	Thiago	Então!?	
167	Bruno	Quando tá fora do ímã é que tá entrando.	
168	Thales	É, uai, pode ser.	
169	Bruno	Então, é por isso que fora é o norte. É só você desenhar o ímã.	
170	Thiago	Pode ser o que o Bruno falou também, dentro é sul e fora é norte, porque dentro do ímã é o contrário.	Se referindo ao fato de que dentro do ímã, as linhas de campo se orientam do sul para o norte.
171	Thales	Ou, mas tipo... Ah, não! É assim, ó!	Evento de inflexão – epifania . Curiosamente, ele já havia mostrado essa forma de representar os polos da espira em outro momento. Entretanto, nos parece que ele não estava suficientemente seguro como agora.
172	Thiago	É paralelo! Porquê?	
173	Thales	Norte e sul.	Thales se dirige aos colegas do outro grupo, com o modelo de espira entre as mãos espalmadas, com o plano da espira paralelo às mãos, indicando para cada face

			da espira um polo, norte e sul.
174	Thiago	É isso aí, Thales.	Olhando para seu desenho.
175	Thales	Uma hora ele tá entrando, uma hora ele tá saindo, mas os dois estão pro mesmo lado.	O gesto feito por ele sinaliza que a orientação da linha de campo é circular. Assim, inferimos que o significado de “pro mesmo lado” é que as linhas “circulam” no mesmo sentido.
176	Thiago	É isso aí.	
177	Thales	Uma hora ele tá entrando, uma hora ele tá saindo, mas os dois estão pro mesmo lado... ... A corrente estando assim [<i>indica o sentido horário para a corrente circulando na espira (que está em suas mão)</i>], aqui é o norte, aqui é o sul [<i>indicando as faces da espira como polos norte e sul</i>]. O norte e o sul estão fora. Ele é assim, ó.	Mais uma vez se referindo a “regra da motocicleta”.
178	Thiago	Norte e sul. Dois polos.	Imitando o gesto feito por Thales, espalmando as mãos uma contra a outra.

A ideia de “dentro norte” e “fora sul”, três vezes manifestada por Thales (turnos 156, 162, e 173) faz sentido quando se olha para o desenho do professor no quadro (ilustração 4.23a). Notemos que os estudantes estão sempre dizendo que, na representação do campo de um ímã, “as linhas de campo saem do norte e entram no sul”. Os símbolos \otimes e \odot se referem a representações de vetores, nesse caso, do campo magnético. Seu desenvolvimento histórico veio exatamente da necessidade de se representar vetores perpendiculares a planos, ou seja, em uma terceira dimensão em desenhos bidimensionais.

Podemos inferir que o raciocínio do Thales, acompanhado por Thiago, faz todo sentido deste ponto de vista, uma vez que esse fato é verdadeiro quando olhamos para a figura 4.23a. Nela, podemos ver que, do lado de fora da espira, aparece o símbolo \otimes , que significa linhas entrando (linhas “entram no sul”), e, na parte interna, o símbolo \odot , que significa linhas saindo (linhas “saem do norte”).

Esse evento nos mostra que há um raciocínio corretamente direcionado, construído em sociogênese, mas que não corresponde às características do modelo científico, segundo o qual um polo é a região com a maior densidade de linhas de campo, o que não é possível ver nessa representação. A ilustração 4.24 mostra Thales se valendo dessa ideia para mostrar aos colegas uma forma de transpor a representação bidimensional para o modelo tridimensional. Enquanto Thiago segura a espira, ele coloca o dedo indicador esquerdo dentro da espira, apontando para si, representando o campo magnético no interior da espira; e o dedo indicador

direito apontando para o Thiago. Do ponto de vista do Thales, a linha de campo magnético “está saindo” da região interna da espira, por isso, “norte dentro”, enquanto do lado externo da espira, sobre o fio “D”, ela “está entrando”, por isso “sul fora”.



Ilustração 4.24: Thales utiliza os dedos para levar ao espaço tridimensional da experiência a representação proposta pelo professor no quadro. Os três estão em estado de atenção conjunta e em sociogênese. A imagem foi tratada para destacar a espira.

Também é interessante notar que, nessa situação, sendo Thiago o observador, o resultado seria oposto, o que aliás foi dito pelo Bruno no diálogo com eles (ver turnos 163 a 169, quadro 4.20). Esse é um problema adicional que não foi notado por nenhum deles até esse momento. De toda forma, vemos que eles estão construindo sentidos mais próximos daquilo que está convencionado no modelo e nas representações de campos magnéticos. A reintrodução da representação vetorial, para a direção perpendicular a planos, contribuiu significativamente para isso²².

A explicação do Thales a Thiago é também um processo de redescritção representacional com o mecanismo de cognição compartilhada que chamamos de *materialização de idealidade*. A *materialização de idealidade* de artefatos pode ser construída por meio de uma relação analógica entre o abstrato e o concreto, como nos parece evidente nesse evento, assim como já foi descrito em uma ação do professor em evento analisado envolvendo o grupo C (ver quadro 4.10, pág. 141). Esse tipo de mecanismo nos remete à concepção de Cole sobre as características materiais e ideais inerentes a todos os artefatos

²² Antes, na parte I do mesmo tutorial, a regra da mão direita para a força magnética (“regra do tapa”) foi utilizada para estudar a interação entre um fio percorrido por corrente elétrica contínua e um pequeno ímã em forma de barra. Naquela oportunidade, eles conheceram esta forma de representação vetorial.

culturais (COLE, 1996b, p. 117).

Os desenhos que vemos nos cadernos dos estudantes do grupo *H* são versões finais que resultaram de processos de reconstrução de sentido ao longo da atividade (ilustração 4.25). Ao fim dessa etapa, esses desenhos mostram que houve avanço na compreensão das razões do artefato e nas possibilidades de seu uso para o enfrentamento do problema; os desenhos são considerados boas representações da situação estudada. Apesar do avanço observado, é possível ver que os sentidos atribuídos pelos estudantes acerca do comportamento magnético de uma espira, ainda não podem ser considerados significados

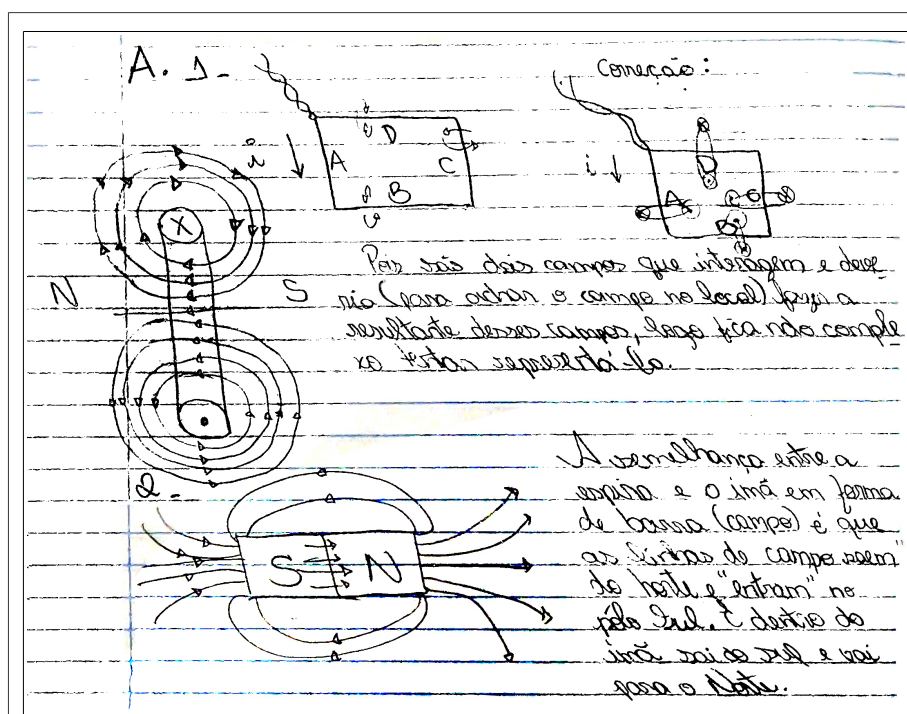


Ilustração 4.25: Fonte: caderno do Thiago. Representação das linhas de campo da espira e de um ímã em barra, ao fim da atividade. Observa-se a “correção”, no alto, à direita, em que ele adota a convenção \otimes e \odot para a representação vetorial do campo magnético, desenhado sobre as linhas circulares presentes no desenho à esquerda.

estáveis. Antes desse evento de inflexão, porém, os diálogos são muito ricos e sua descrição mostra como a atividade estimula o protagonismo dos estudantes, ao potencializar ao máximo o debate entre eles. Chega a ser curioso que Thales, ao acompanhar o raciocínio do professor, afirma que os campos produzidos pela corrente, presente em cada lado da espira, se superpõem favoravelmente no centro da espira (ver destaque a seguir). Mas, como veremos na descrição do episódio posterior ao episódio central, que ocorreria cinco dias depois, a ideia de

que o campo se anulava no centro da espira, ainda persiste na fala de Thales (quadro 4.23, pág. 188, turno 206).

Professor	Eu vou mostrar o que vocês têm feito para entender porque muita gente está com dificuldade de comparar o padrão dessas linhas de campo com o padrão de um ímã em forma de barra. Vou pegar a espira em corte aqui [<i>ele pega um modelo de espira em corte</i>].
Thiago	Beleza.
Professor	O campo gerado pela corrente que passa nessa parte interage com o campo gerado pela corrente nessa parte? [...] É uma interação em que eles se somam ou se subtraem?
Thiago	<Soma.
Thales	<Soma.

Esse exemplo também é mais uma evidência de que em processos de negociação de sentidos o conhecimento é construído com avanços e retrocessos. Esse comportamento nos permite inferir que, em algum momento anterior, uma situação (muito comum) em que o campo magnético se anula vetorialmente tornou-se de uma solidez importante para o Thales. Tal configuração teria se tornado um conhecimento geral tão significativo, um componente individual da cognição, que está se mostrando, até esse momento, um conhecimento inibidor da aprendizagem em novos contextos.

Processo de redescrição representacional e mecanismos de cognição compartilhada

Na sequência da atividade, vimos que o evento de inflexão mostrado desencadeou processos de redescrição representacional naturalmente protagonizados por Thales. Ele vai explicar a Elisa sua interpretação do problema enfrentado. Thiago acompanha, em estado de atenção conjunta. Ao final, Thiago interfere para corrigir Thales em um detalhe apenas, que não invalida a explicação, o que nos faz pensar que Thiago, neste momento, também parece ter compreendido o problema de maneira significativa.

No evento destacado, Thales usa corretamente a “regra da motocicleta” para determinar o sentido das linhas de campo. Apesar de usar o termo “corrente” para a linha de campo, o que nos parece apenas um ato falho, a explicação não fica comprometida. Esse evento revela novamente o mecanismo de *materialização de idealidade*, como objetivação cultural do processo de redescrição representacional. Usando uma caneta para indicar as linhas de campo “circulando” em cada lado da espira, Thales mostra que as linhas de campo se orientam de forma a “penetrar” a área interna, delimitada pelo retângulo da espira, sempre

entrando em uma das faces e saindo pela outra. Esse era o passo que faltava para encontrar a semelhança entre uma espira percorrida por corrente elétrica e um ímã em forma de barra. Apesar de confundir o norte com o sul, no que é prontamente alertado por Thiago, eles atingiram o objetivo dessa parte da atividade.

Quadro 4.21: Processo de redescrição representacional: Após o evento de inflexão, caracterizado por um momento de epifania protagonizado por Thales, ele se dispõe a explicar a questão para Elisa que, neste episódio, tem se mantido um pouco desinteressada das discussões.

Registro principal: Segmento: 00:48 a 04:44 (H-09-julho-15-classe-3.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, ou “regra da motocicleta”, como estudantes e professor a ela se referem. Artefatos secundários: modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7 (ilustração 4.22, pág. 172); campos magnéticos.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
179	Thales	[com o modelo na mão] Vou fazer a mesma visão da mulherzinha. Todos os pontos estão entrando pela direita e saindo pela esquerda. Certo?	
180	Thiago	Isso. Tá.	Elisa acompanha, mas não interfere.
181	Thales	Depois ele volta por dentro, pra direita. Direita, norte. Esquerda, sul.	
182	Thiago	Supondo que está dentro do ímã, seria ao contrário, porque tem que entrar no norte, mas supondo que está fora do ímã, estaria certo.	
183	Elisa	Então, se você sabe o sentido da corrente, você sabe...	
184	Thales	Eu acho que seja isso aqui, ó.	Ele apaga o desenho que havia feito e refaz, apresentando ao grupo.
185	Thiago	Mas, considerando que fosse dentro do ímã, seria o contrário do que a gente pensa.	Insistindo na ideia de continuidade das linhas de campo, que já havia sido enfatizada por Elisa e por Thales no episódio mostrado anteriormente (quadro 4.21, turno 160).
186	Thales	Não vamos considerar isso agora. Vamos tentar fazer o negócio por fora do ímã. Depois a gente pensa dentro. Pode ser que por dentro não tenha a inversão... Só que eu não vou considerar nada dentro agora, se vai inverter, porque eu não tenho certeza se inverte. Porque, para mim, é tudo em uma mesma direção.	Thiago concorda com o desenho do Thales.
187	Thiago	A semelhança seria que as linhas saem do norte e entram no sul. E no meio tem uma linha reta.	
188	Thales	[se dirigindo à Elisa]: Você entendeu?	
189	Elisa	Não.	
190	Thales	Segura esse bereguedê aqui [entregando o modelo de espira para Elisa]. Como se você fosse a mulherzinha... Aqui ó A, aqui é o B, C e D, não é? [apontando com o dedo, os fios da espira].	Elisa concorda.
191	Thales	No B, a corrente tá assim [indicando o sentido da	Redescrição representacional –

		<p><i>corrente</i>]. Quando você tá no B, aqui, não tá assim? [fazendo a “regra da motocicleta”] a corrente [se referindo à linha de campo]... entrando aqui, saindo aqui... entrando aqui... assim, ó [usa uma caneta para indicar a orientação das linhas de campo]. No C, a mesma coisa... No D, a mesma coisa... ... Todos eles estão entrando da direita pra esquerda e todos estão saindo da esquerda pra direita. Qualquer ponto dentro, ele tá entrando da direita pra esquerda. Qualquer ponto fora, ele tá entrando da esquerda pra direita. Então, acho que aqui seja o polo norte e aqui seja o polo sul. Porque ele está saindo daqui e entrando aqui.</p>	<p>materialização de idealidade: Thales usa o modelo de espira para externalizar o processo de redescrição representacional, construindo uma explicação à colega. Ao mesmo tempo usa também uma caneta para indicar a orientação das linhas de campo, enquanto fala. Utilizando a regra prática a qual enfatiza que, em um ímã, “as linhas de campo saem do polo norte e entram no polo sul”.</p>
192	Thiago	Sul... norte, não? Thales! Thales! Norte e sul!	Elisa e Thiago alertam para o fato.
193	Thales	Porque você está num plano contrário ao meu.	Ele não percebe seu próprio erro, e contra-argumenta dizendo que é porque Thiago está do outro lado da mesa, o que não é o caso.

Importante destacar que as situações proporcionadas pelo uso de atividades colaborativas como os tutoriais, adaptados para o ensino médio, implica a necessidade de os estudantes assumirem o protagonismo de suas ações em busca do aprendizado. Mesmo reconhecendo que não é possível que o professor saiba dos detalhes das discussões entre os estudantes, os tutoriais os preparam para o momento de intervenção do professor. Essa sequência de eventos, que inclui o evento de inflexão e o processo de redescrição representacional, mostra que apesar de o professor ter ido ao quadro para uma discussão com os estudantes, o evento de inflexão que destacamos significa que a ampliação do sentido do conceito de campo magnético, associado ao artefato cultural primário, a “regra da motocicleta”, foi disparado pela participação de um estudante de outro grupo, que estava buscando corroborar suas próprias conclusões.

Episódio posterior ao episódio central

Aula de classe – 14/07/2015

Tutorial 7 (ANEXO E, pág. 231) – Interações magnéticas – parte III – item C

O contexto deste episódio é uma aula de classe de 50 minutos, na qual os estudantes continuam o Tutorial 7, cuja seção C trata do campo magnético produzido por um solenoide. Esta aula ocorreu à tarde, no mesmo dia da aula do episódio central – o LAB08A. Antes de começar de fato esta parte do tutorial, o professor faz a tradicional preleção, resgatando o que

foi tratado na seção B do tutorial, que se refere ao princípio do motor. A abordagem do professor segue a ideia principal dessa seção, que é utilizar a “regra do tapa” para determinar as forças que produziram o torque na espira. Durante a preleção, Elisa se manifesta pelo grupo *H*, dizendo que utilizaram a ideia da espira como se fosse um pequeno ímã em forma de barra. O professor acolhe a intervenção de Elisa, concordando com ela. Esse problema, enfrentado na seção B do tutorial, pode ser abordado tanto pela “regra do tapa” quanto pela “regra da motocicleta”, como fez o grupo *H*.

Cenário

Ao tratar do solenoide, o professor resgata o uso da “regra da motocicleta” para uma única espira e depois define o que é um solenoide, apontando que o desafio da atividade será representar o campo magnético de um solenoide e entender como esse campo magnético se comporta. O quadro 4.22 apresenta um recorte dessa preleção. Em um dado momento da preleção, o professor mostra à turma um solenoide construído com fio de cobre rígido, desses usados em instalações elétricas, para que os estudantes possam entender o que a ilustração do tutorial está representando. É um reconhecimento das dificuldades de se representar, em duas dimensões, um objeto tridimensional.

Quadro 4.22: **Cenário:** O professor faz uma preleção por meio da qual resgata o que foi tratado na aula de classe anterior, cinco dias atrás, sobre o uso da “regra do tapa” e também da “regra da motocicleta”, introduzindo a nova situação-problema que os estudantes enfrentariam na atividade do dia – seção C do Tutorial 7 (anexo E, pág. 231).

Registros: Segmentos: 03:00 a 06:30 e 13:40 a 15:10 (*H-14-julho-15-classe-1.mp4*)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, ou “regra da motocicleta”, como estudantes e professor a ela se referem. Artefatos secundários: modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7; representação de campos magnéticos com linhas contínuas.

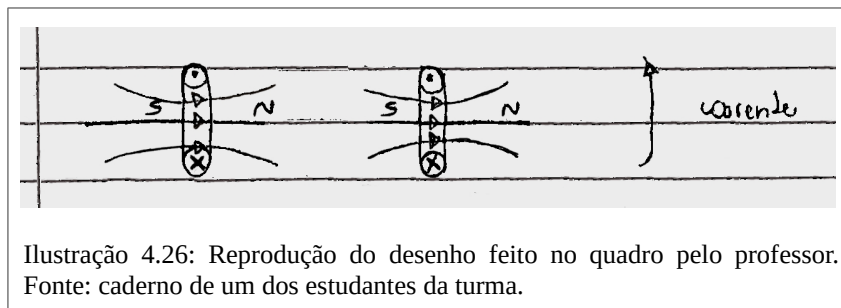
Turno	Agente	Transcrição	Comentário
194	Professor	[<i>a tarefa</i>]... que foi pedido a vocês [<i>na seção B</i>] é que desenhassem vetores para representar a força magnética em cada lado da espira, desse lado e desse lado aqui. Para representar o vetor força magnética eu tenho que usar a regra...	Ele reproduz, no quadro, a figura do tutorial do quadro (princípio do motor).
195	Thiago	... do tapa.	
196	Professor	... do tapa. Então, vamos supor o seguinte... aqui está a espira... aqui eu tenho corrente elétrica entrando no quadro. O campo magnético, nós vamos considerar que ele está na horizontal, uma vez que a espira está bem próxima do polo do ímã. Então, a força magnética nesse fio aqui, vai	Ele repete o raciocínio para o outro fio, concluindo que a espira entra em rotação. Thales e Thiago se entreolham concordando. O grupo acompanha atentamente às

		apontar para onde? Pra baixo. A tendência dela [<i>da espira</i>] é o quê?	explicações do professor, complementando suas frases.
197	Thiago	Uma rotaçãozinha, né?	Thiago olha para seu caderno e comenta: o que a gente fez tá certo.
[...]			
198	Elisa	Mas, professor, a gente pensou de um outro jeito... mais simples.	Essa passagem mostra que o grupo <i>H</i> assimilou bem o uso da “regra da motocicleta”, ou a própria regra criada pelo grupo ²³ .
199	Professor	Pensando nos “iminhas”?	
200	Elisa	É. A gente estabeleceu o norte e sul e viu se haveria atração. Se houvesse atração, ele ia rodar...	
201	Professor	Não tem problema [...] tem grupos que não pensaram em forças, mas na polaridade [<i>magnética</i>] de uma espira percorrida por corrente.	
[...] O professor retoma a “regra da motocicleta” para definir a polaridade magnética de uma espira.			
202	Professor	Aqui temos um solenoide, onde vemos um enrolamento de fios cujo comprimento total é bem maior que o raio de cada espira [...] se o enrolamento for da ordem do raio da espira, a gente chama de bobina [...] vocês terão que representar o campo magnético de um solenoide.	Caracterização de um solenoide. O professor mostra um solenoide para a turma.
203	Professor	Vocês sabem que uma bobina individualmente se comporta como um ímã. Usando a “regra da motocicleta”... invertida... a corrente sai daqui e entra aqui. Esse lado se comporta como norte e esse lado se comporta como sul. Vou desenhar três linhas apenas. Externamente ela está saindo do norte, dando a volta e chegando no sul. Não é isso que vocês viram na aula passada?	Ele desenha uma espira em corte no quadro. Em seguida, desenha uma segunda espira um pouco afastada da primeira, mostrando que as linhas de campo das espiras são aproximadamente circulares (ilustração 4.26).
204	Professor	A questão que vocês vão ter que resolver hoje é a seguinte: se vocês tiverem não uma única espira, mas um conjunto de espiras, próximas umas das outras, formando esse caminho de fio aí, o que aconteceria com essas linhas de campo?	
205	Professor	Essas duas linhas que são curvas [<i>se referindo às linhas de campo das espiras desenhadas no quadro</i>], o que aconteceria com elas à medida que fôssemos aproximando as espiras? [...] O que acontece com elas [<i>linhas de campo</i>] dentro do solenoide? [...] O que acontece fora do solenoide?	Sugerindo aos estudantes que a aproximação dessas duas espiras pudesse levá-los a reconhecer o que ocorre no solenoide.

Para explicitar seu raciocínio, o professor desenha uma espira em corte no quadro e resgata o uso da “regra da motocicleta” para essa espira. Depois, ele define o que é um solenoide, apontando que o desafio da atividade nesta aula será entender como é o campo magnético de um solenoide e apresentar sua configuração. Ele dá aos estudantes uma pista de

23 A invenção de uma regra com o mesmo objetivo de identificar a orientação das linhas de campo é parte do desenvolvimento do tutorial. Ela é mencionada pelos estudantes apenas em alguns eventos, de maneira periférica ao uso da regra de Ampère (ou “da motocicleta”).

como compreender o problema ao desenhar uma segunda espira no quadro, chamando atenção



para que os estudantes avaliem o que ocorreria caso as duas espiras fossem aproximadas (ilustração 4.26). O campo de um solenoide pode ser entendido como uma sobreposição dos campos magnéticos de várias espiras suficientemente próximas umas das outras, mas o professor não menciona isso diretamente. Terminada a preleção, os estudantes se voltam para as questões do tutorial.

Evento de inflexão

A preleção faz com que Thales exponha novamente uma interpretação equivocada da orientação das linhas de campo no interior da espira. Para Thales, independentemente do sentido da corrente, até esse momento, em um ponto equidistante dos condutores, o campo deveria se anular, o que não é possível em uma espira de corrente²⁵. No evento que destacamos a seguir (turno 206 a 210, quadro 4.23), as frases incompletas do Thales evidenciam que ele ainda tem dúvidas sobre a orientação do campo magnético na área interna da espira, embora ele tenha afirmado que compreendeu a questão. Nós consideramos que essa interpretação – sentido pessoal que Thales externaliza nas discussões sobre o campo magnético em espiras – foi generalizada a partir de uma situação que ocorre de fato, sob condições específicas²⁴. Essa experiência, vivida anteriormente, está obscurecendo sua avaliação das condições dadas na nova situação.

O professor faz duas *intervenções de segurança* (eventos de inflexão): primeiro, ao perceber a interpretação de Thales como um obstáculo (turno 208). Depois, chamando atenção para uma característica importante das representações de campos magnéticos (turno

²⁴ Teoricamente, deve haver um ponto situado entre dois condutores paralelos, no qual o campo magnético é nulo, desde que os condutores sejam percorridos por correntes de mesmo sentido. Essa situação já foi discutida em outras oportunidades, em aulas na classe.

224). Entre essas duas intervenções do professor, o estudante Thiago percebe, em uma demonstração de *epifania* que, no centro do solenoide, o campo seria mais intenso (turno 216).

Quadro 4.23: **Eventos de inflexão:** Destacamos três eventos de inflexão, a partir dos quais percebemos uma mudança importante no comportamento tanto do Thiago quanto do Thales. Dois se referem às intervenções pontuais do professor, e o outro é um registro do estudante Thiago fazendo uma importante inferência (epifania) sobre a intensidade do campo dentro do solenoide.

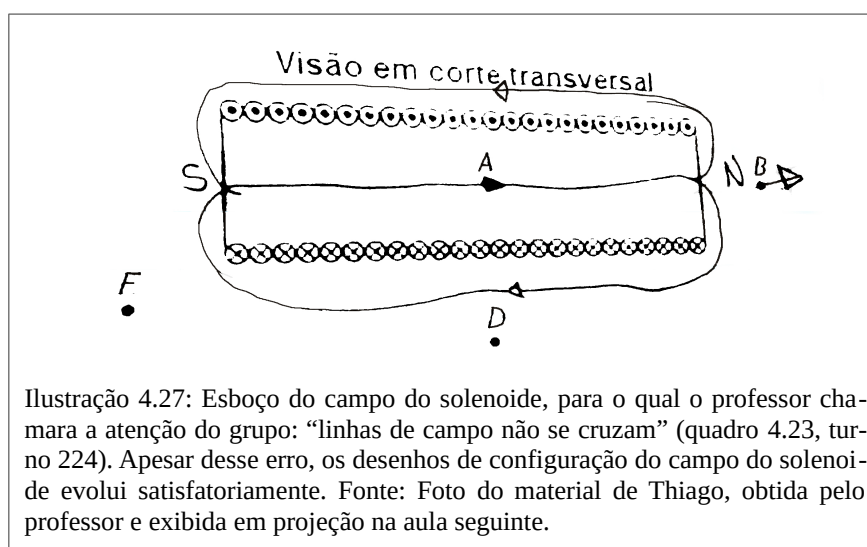
Registros: Segmento: 20:40 a 24:18 (H-14-julho-15-classe-1.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, ou “regra da motocicleta”, como estudantes e professor a ela se referem. Artefatos secundários: modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7; representação de campos magnéticos com linhas contínuas.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
206	Thales	Fessôr, no ponto equidistante de qualquer uma dessas duas aqui, vai ser nulo?	Se referindo a um ponto central ao solenoide (ponto A, na ilustração 4.28).
207	Thiago	Mas não está equidistante.	
208	Professor	Não. Pensa bem. Em uma única espira aqui, o ponto aqui no meio... o campo vai ser nulo?	Evento de inflexão – intervenção de segurança: O professor sinaliza uma linha de raciocínio, para que os estudantes tentem segui-la.
209	Thiago	Não.	Negativa sem apresentação de qualquer argumentação.
210	Thales	Tá certo. Ah, é! É porque não roda... é um do lado... é... saquei.	Com frases incompletas e entonação reticente, Thales ainda parece ter dúvidas sobre a orientação do campo magnético, embora tenha afirmado que compreendeu.
211	Thiago	A corrente [<i>linha de campo</i>] tá saindo aqui e entrando lá.	Ato falho: em vez de linha de campo ele diz “corrente”, fazendo a regra da motocicleta.
212	Thales	Esse aqui... vamos usar a nossa regra.	Se referindo a uma regra, criada pelo grupo, para determinar a polaridade de espiras de corrente.
213	Elisa	[<i>fazendo a regra da motocicleta</i>] Será que a corrente passa por dentro do solenoide e entra... porque aqui tem uma fileira em cima e aqui tem uma fileira embaixo. Vai entrar aqui embaixo e vai sair em cima... Talvez o campo... ele comporta um só aqui, ó.	Elisa faz um gesto com o dedo, “desenhando” uma espiral em torno dos fios representados no solenoide (ilustração 4.28). Como não há atenção conjunta, não se trata de um mecanismo de cognição compartilhada.
214	Thiago	Seria um tanto de círculo em volta de cada um. Pequeninho.	
215	Thales	Norte...	
216	Thiago	Pequeninho, não, grande... Pra pegar esse ponto do meio... esse ponto do meio seria a interação de todas [<i>as linhas de campo</i>], veio! ... Ia ficar uma força gigante desse aqui... pro lado direito aqui, certo?	Evento de inflexão – epifania: Thiago sinaliza a compreensão de um aspecto importante do fenômeno. Se referindo à intensidade do campo magnético no centro do solenoide.

217	Thales	Hum...	Enquanto desenha algo no papel.
218	Thiago	Ia ter uma parada gigante de todos esses pra lá...	
219	Thales	Hum...	Pede ao Thiago, com um gesto, para aguardar.
220	Thiago	A força vem pra cá?	Eles estão se referindo a um ponto interno ao solenoide, nomeado como "A" na respectiva figura do tutorial (ilustração 4.28).
221	Thales	Do A, é... Aí, o norte é na direita e o sul é na esquerda.	
222	Thiago	O contrário, não?	
223	Thales	Não, porque aqui é dentro. O [ponto] A tá dentro.	Se referindo ao fato de que dentro de um ímã as linhas de campo se orientam do sul para o norte.
224	Professor	Vocês estão fazendo as linhas de campo aqui... encontrando aqui... Linhas de campo não se cruzam.	Novo evento de inflexão – intervenção de segurança : Se aproxima do grupo e chama a atenção dos estudantes sobre a representação que fizeram das linhas de campo (ilustração 4.27).
225	Thiago	Não professor, é só uma representação pra gente entender...	

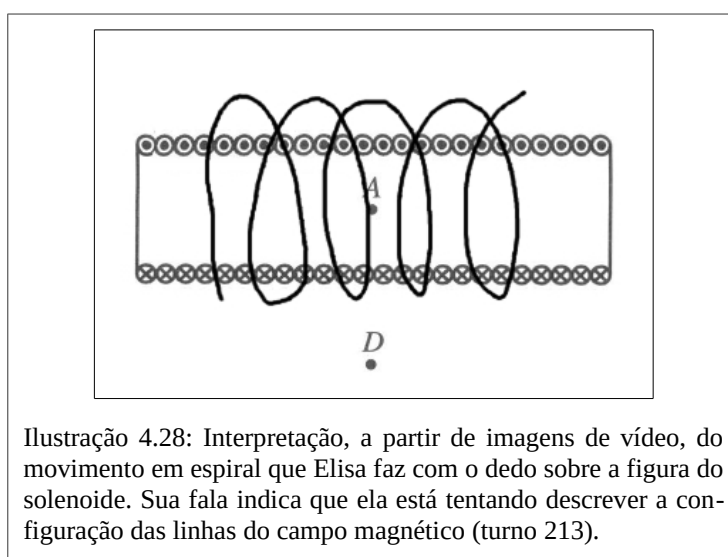
Enquanto os estudantes discutem, o professor se aproxima e fotografa o desenho que Thiago havia feito para representar as linhas de campo do solenoide, depois de fazer o mesmo em outros grupos. O professor utilizaria os desenhos na plenária, na aula de classe seguinte, dois dias depois (16/07/15). O desenho do Thiago, mostrado na ilustração 4.27, mostra duas linhas de campo se juntando para formar apenas uma no interior do solenoide, no que é advertido pelo professor, uma vez que linhas magnéticas não devem se cruzar.



Depois desses eventos de inflexão, tanto Thiago quanto Thales se mostram bastante seguros quanto ao fenômeno da produção de campos magnéticos, por meio de uma ou várias

espiras de corrente elétrica. A sequência de falas dos estudantes nos permite concluir que, tanto Thiago quanto Thales, parecem, a partir deste momento, dominar melhor o uso da “regra da motocicleta” e também a regra que o grupo inventou para determinar a polaridade do campo magnético de espiras. Esses eventos de inflexão interrompem o fluxo da atividade e terão consequências nos processos de redescrição representacional que disparam, os quais veremos a seguir.

Nesse evento, verificamos também, uma antecipação da dificuldade de Elisa em compreender a representação bidimensional do solenoide (turno 213), que será evidenciada mais fortemente no evento seguinte. A necessidade de articular vários artefatos culturais e conceitos abstratos como linhas de campo magnético e corrente elétrica, bem como as propriedades que limitam esses conceitos²⁵, deveria ser facilitada pelo mnemônico analógico representado pela “regra da motocicleta”, que se constitui como artefato cultural.



Observamos nesse segmento que, mais uma vez, a representação bidimensional de um objeto tridimensional (em corte) como o solenoide, parece dificultar a aplicação da regra, como transparece no comportamento de Elisa. A ilustração 4.28 destaca um evento de curta duração no qual Elisa sugere como seriam as linhas de campo do solenoide, desenhando uma espiral sobre a figura. Entretanto, ela mesma percebe que esta sugestão não parece boa e recua.

²⁵ A representação de linhas de campo, deve considerar as seguintes propriedades: linhas de campo não se cruzam, são contínuas e orientadas externamente do polo norte para o polo sul; a representação das regiões onde o campo magnético é mais intenso deve conter uma maior densidade de linhas de campo. Além disso, para que essas regras sejam utilizadas, deve-se atribuir à corrente elétrica o sentido convencional.

É importante destacar que esse evento ocorreu na tarde do mesmo dia em que se deu o episódio central (LAB08A). Nesta aula de laboratório, pela manhã, Elisa mostrava-se bastante segura quanto ao uso da “regra da motocicleta” para uma bobina; os estudantes estavam trabalhando com o campo de uma bobina situada em um plano. Naquela oportunidade, o professor chegou a usar uma folha A4 para representar a bobina (conforme vimos no quadro 4.18, turno 124). Para nós, esse é mais um indício de que a dificuldade que Elisa manifesta está seguramente relacionada ao fato do solenoide ser um objeto tridimensional, cuja representação é feita em um plano.

Processo de redescrição representacional e mecanismos de cognição compartilhada

Nesse contexto, no qual se sobressaem a dificuldade expressa por Elisa e a desenvoltura demonstrada por Thales e Thiago, é que destacamos o evento no qual ocorre um processo de redescrição representacional construído conjuntamente pela participação de ambos – *ação coordenada colaborativa*. Thales e Thiago tentam fazer com que Elisa “enxergue” a representação bidimensional do solenoide para que ela possa usar a “regra da motocicleta” com sucesso (quadro 4.24).

Nesse evento específico, envolvendo o solenoide, Elisa demonstra bastante dificuldade de entender a aplicação da “regra da motocicleta”, o que não ocorria nas outras situações analisadas. Até o momento, Elisa vinha participando das discussões do grupo demonstrando o mesmo nível de compreensão de Thiago e de Thales. Esta é mais uma situação envolvendo a estudante Elisa, que reforça o argumento de que a necessária representação bidimensional de certos fenômenos que exigem raciocínio tridimensional, constitui-se como um aspecto inibidor da aprendizagem; um novo desafio a ser superado.

Quadro 4.24: **Processo de redescrição representacional:** Evento que destaca a segurança e a desenvoltura no uso do artefato cultural “regra da motocicleta”, adquirida tanto por Thiago quanto por Thales. Eles são capazes de compreender a dificuldade da colega e propor modos de ação para que ela seja capaz de superá-la. A transcrição completa pode ser consultada no apêndice L, pág. 265.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 00:44 a 04:41 (H-14-julho-15-classe-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, ou “regra da motocicleta”, como estudantes e professor a ela se referem. Artefatos secundários: modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7; representação de campos magnéticos com linhas contínuas.

Turno	Agente	Transcrição	Comentário
226	Thiago	O vetor aqui seria pra cá?	Se referindo ao ponto A, no interior do solenoide

227	Thales	É; dentro é do sul pro norte.	(ilustração 4.28).
228	Thiago	... e intensidade muito grande?	
229	Thales	Sim [<i>respondendo a Thiago</i>].	
230	Thales	Faz aí, a regra da motoca... supondo que a corrente está assim.	Redescrição representacional – ação coordenada colaborativa : Thales se dirige a Elisa, apontando o sentido da corrente no modelo de espira. Thiago vai contribuir a seguir.
231	Elisa	Mas, tem que considerar que...	
232	Thales	Não, faz aqui antes...	Orientando Elisa a utilizar a regra da motocicleta primeiro no modelo físico da espira, antes de aplicá-la ao solenoide.
233	Thales	Vai, continua... Espicha os dedos... Norte [<i>indicando as pontas dos dedos da mão da Elisa</i>] e sul [<i>indicando o dorso da mão dela</i>].	Pega na mão da Elisa e faz com que ela estenda os dedos – ele se refere à regra que o grupo inventou para determinar a polaridade de uma espira. Thales segura o modelo de espira de forma que ela fique em uma posição paralela às espiras, conforme representadas na figura do solenoide.
234	Elisa	Mas aqui, a gente tem a parada saindo e aqui embaixo a parada entrando...	Se referindo ao solenoide. Thales volta a colocar o modelo sobre o desenho do solenoide e sugere que ela faça de novo.
235	Thales	Norte... Sul.	Elisa ainda não vê como aplicar a regra no solenoide e fica desapontada. Thales faz a regra para ela.
236	Elisa	Assim?	Ponho a espira com o plano paralelo ao plano da folha.
237	Thales	Não [<i>colocando a espira com o plano perpendicular ao plano do papel</i>], é assim. Isso aqui, ó [<i>se referindo ao solenoide</i>], é um tanto disso aqui [<i>se referindo à espira</i>] cortadas no meio... eles pegaram um tanto disso aqui, colocaram uma do lado da outra e cortaram tudo no meio.	Explicando o solenoide desenhado em corte.
238	Elisa	Não, veio, não tô conseguindo... Eu ainda não entendi isso aqui!	
239	Thales	Isso é uma cacetada desse negócio junto. É só isso!	Thales insiste com o modelo e mostra a Elisa como usar a regra que eles inventaram, mas ela ainda está com dificuldade de entender a representação do solenoide ou de entender o solenoide como se fosse uma série de espiras colocadas lado a lado. Estes últimos turnos revelam também o mecanismo de reorganização de recursos disponíveis .
240	Thiago	A ponta do dedo aponta pro norte... a nossa [<i>regra*</i>] é assim. Faz de uma só [<i>uma espira</i>]. Esquece as outras... faz só de uma.	*Regra que eles inventaram. Elisa faz a “regra da motocicleta” para as duas extremidades cortadas de uma das espiras, mas meneia a cabeça negativamente. Thales ajuda Elisa pegando sua mão e posicionando-a de tal forma que os dedos indicadores das linhas do campo ficassem bem na entrada do solenoide. Thiago faz um gesto “desenhando” linhas de campo circulares no ar, para que Elisa “enxergasse” as linhas

			em torno daquele ponto do desenho do solenoide (materialização de idealidade).
241	Thales	Lá é o norte e cá é o sul. Faz embaixo... é mais fácil de fazer. Sabendo onde é o norte e onde é o sul, você sabe traçar as linhas.	Elisa repete a regra da motocicleta para a parte de baixo, onde a corrente está entrando no plano do papel. Ela meneia a cabeça afirmativamente.

Sabemos que o gesto afirmativo de Elisa no turno 241 não é, isoladamente, uma garantia de que ela tenha de fato superado essa dificuldade. Assim, embora nosso objetivo não seja a verificação de aprendizagem, decidimos investigar como Elisa se saiu com relação ao

mas não são os mesmos

1. Dois fios condutores longo e retilíneos, paralelos entre si, são percorridos por correntes elétricas de mesma intensidade, porém de sentidos opostos. O ponto A está mais próximo do fio M do que do fio N. O ponto B está equidistante dos dois fios e no mesmo plano dos fios.

a) (1,0 ponto) Há campo magnético resultante no ponto A? Se sim, represente o vetor campo magnético nesse ponto (faça isso na própria figura). Se não, explique o motivo.

Q3

• Sim \vec{e}

b) (1,0 ponto) Há campo magnético resultante do ponto B? Se sim, represente o vetor campo magnético nesse ponto (faça isso na própria figura). Se não, explique o motivo.

1,0

• Não há campo magnético resultante no ponto B, pois que este ponto está equidistante dos fios, mas como os campos de M e N sobre o ponto B, percebemos que neste ponto os campos se anulam e são anulados.

• vetor de campo magnético sobre o fio N

(a)

(b)

3. (1,5 ponto) A figura a seguir representa as seções transversais de dois fios condutores A e B, retos, extensos e paralelos. Esses condutores são percorridos por uma corrente elétrica cujo sentido está indicado na figura a seguir.

Legenda:
 ⊗ Corrente elétrica entrando ortogonalmente ao plano do papel
 ⊙ Corrente elétrica saindo ortogonalmente ao plano do papel

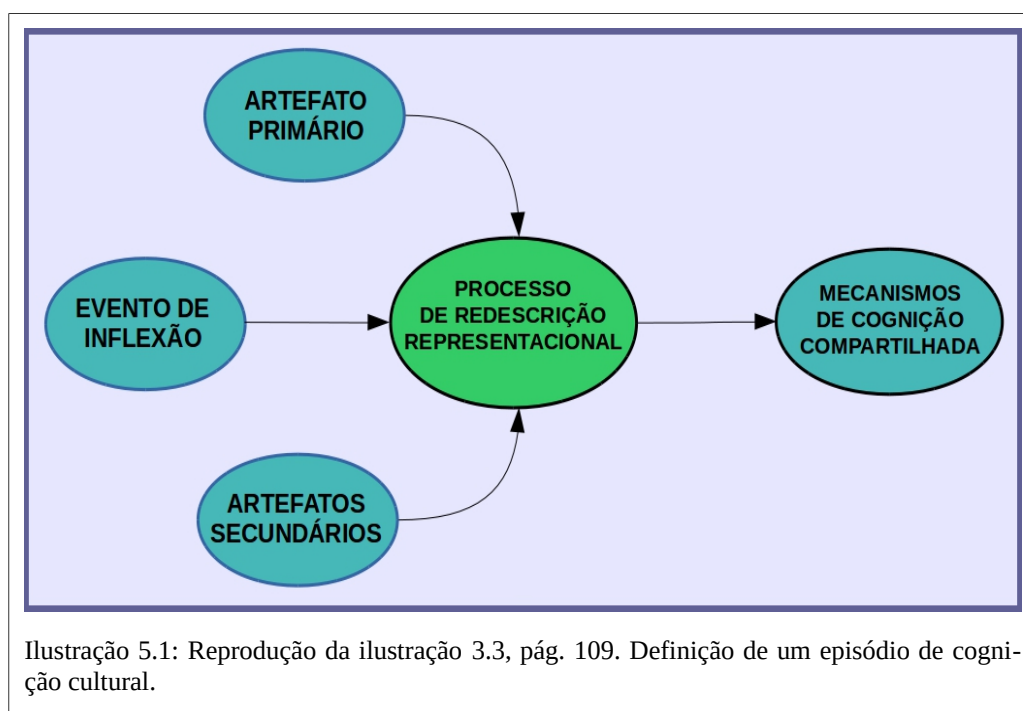
Uma pequena bússola é colocada no ponto P equidistante dos fios condutores. Desprezando os efeitos do campo magnético terrestre qual alternativa apresenta a orientação da agulha da bússola no ponto P?

Ilustração 4.29: Aplicação correta da “regra da motocicleta” em atividade individual da estudante Elisa. Uma questão aberta (a) e uma questão objetiva (b). Fonte: caderno de classe.

uso da “regra da motocicleta” em um teste conceitual aplicado dois dias após esta atividade. O resultado obtido mostra que a mediação dos colegas Thales e Thiago, no processo de redescrição representacional destacado, produziu um bom resultado quanto à utilização da “regra da motocicleta”, com a qual Elisa responde corretamente às duas questões do teste que se referem ao tópico (ilustração 4.29).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentamos no delineamento metodológico (seção 3.4.1), a enorme quantidade de dados primários relacionados a processos de redescrição representacional ou a eventos de inflexão, obtidos na primeira imersão aos registros, constituiu-se como um problema metodológico que precisava ser enfrentado. A reestruturação dos níveis de análise resultou na definição de uma estrutura que denominamos episódio de cognição cultural (ilustração 5.1). Esta é a estrutura na qual nos baseamos para construir os dados da pesquisa a partir do terceiro nível de análise.



Com base nessa estrutura, retomamos algumas reflexões que antecipamos na apresentação e análise dos dados para construir, nesta seção, nossas repostas às questões de pesquisa. Cabe lembrar que as categorias que propusemos para identificar os eventos de inflexão e os mecanismos de cognição compartilhada (respectivamente, quadros 4.4 e 4.5, pág. 123), foram consolidadas nos percursos de idas e vindas, traçados entre teoria e dados, durante o processo de análise. Assim, fica claro que o delineamento metodológico que apresentamos não foi decidido a priori, ele foi construído conforme avançávamos na análise, enfrentando os problemas do processo.

5.1. RETOMADA DAS QUESTÕES DE PESQUISA

As duas primeiras questões de pesquisa serão abordadas nos parágrafos que se seguem e as duas últimas serão tratadas na próxima seção, destinada às implicações desta pesquisa para o ensino de Ciências, uma vez que estão diretamente relacionadas a este tema.

A primeira questão de pesquisa aborda os eventos de inflexão: *Que tipo de estímulos, indicadores de eventos de inflexão, podem ser reconhecidos como catalisadores de processos de redescrição representacional?*

Eventos de inflexão ocorrem em situações nas quais alguém manifesta uma dúvida, ou discorda dos pares, provocando um impasse, ou apontando caminhos para a solução do impasse. Por esse motivo, eventos de inflexão estão presentes em todos processos de comunicação que ocorrem nas relações humanas. No contexto do ensino escolar, eles são muito mais frequentes em atividades colaborativas. Isso não deveria ser surpresa, em função da complexa rede de relações que se estabelece nas situações de sociogênese, com variadas ações verbais e não-verbais dos participantes, os quais, muitas vezes, invertem seus papéis, mudam de opinião e assumem novas perspectivas (ROSSETTI-FERREIRA; AMORIM; SILVA, 2000, p. 5).

Os eventos de inflexão de interesse ocorreram quando os estudantes discutiam acerca das questões dos tutoriais ou dos roteiros de laboratório, ou quando tinham que decidir sobre como montar um equipamento experimental, explicando como e por que deveriam fazer determinadas medidas em um experimento, e também quando estavam redigindo um texto para o relatório. De acordo com os preceitos da análise microgenética, tais indícios de mudança no fluxo da atividade sinalizam o desenvolvimento de processos que merecem ser objetos de investigação.

Com base nos critérios expostos, categorizamos os eventos de inflexão mostrados no quadro 5.1. Os indicadores elencados neste quadro foram considerados estímulos culturais, uma vez que emergem em situações sociogenéticas e disparam processos de redescrição representacional. Além disso, percebemos que, nos episódios destacados para análise, os eventos de inflexão ocorriam em situações nas quais os estudantes estavam suficientemente engajados e em estado de atenção conjunta, que se mantinha até o final do evento que caracterizava o processo de redescrição representacional.

Quadro 5.1: Eventos de inflexão, destacados nos episódios de cognição cultural, analisados para os grupos C e H. A coluna “ocorrências” fornece *hiperlinks* para o evento, no capítulo de análise dos dados. A letra corresponde ao grupo, e o número a ela imediatamente associado indica a página onde o evento está descrito, seguido do turno de fala correspondente.

Indicadores	Descrição	Ocorrências
Epifania	Reação emocional súbita e espontânea de admiração, ou de satisfação pela compreensão de um fenômeno ou da solução de um problema. Trata-se de uma ação autorreguladora, no sentido de que é um reconhecimento autorreflexivo de uma mudança intramental. Também conhecidos como episódios de “ahá!” (CLEMENT, 1989). Conforme verificamos nas ocorrências apontadas, este tipo de evento de inflexão, devido ao caráter autorreflexivo, dispara um processo de redescrição representacional protagonizado pelo próprio sujeito.	H178 (turno171) H188 (turno216)
interposição de questionamento indefinido	Quando o estudante interrompe o fluxo da atividade, sem apontar suas razões ou se referir a algum problema específico. É enfático, mas não apresenta argumentação, o que significa que o sujeito tem dúvidas mais profundas sobre as ações dos colegas, ou do professor, ou ainda a respeito de um texto que está sendo lido, ou com relação a um artefato que esteja em uso naquele momento.	C145 (turno 45) C156 (turno 89) H167 (turno 115)
Interposição de questionamento com argumentação	Quando o questionamento feito a um colega é acompanhado de um argumento que vai contra a ideia em andamento ou contra uma outra proposta. Mais que isso, quem questiona apresenta, mesmo que de forma incipiente, uma orientação diferente para tratar do mesmo problema.	C134 (turno 15)
Intervenção de segurança	Questiona-se os interlocutores de maneira que o questionamento é ao mesmo tempo uma orientação para solucionar o problema. Caracteriza situações nas quais o sujeito evita dar uma resposta direta ou executar a tarefa pelo outro, implicitamente recusando e transferindo essa responsabilidade. Em geral, esse tipo de intervenção é tipicamente assumida pelo professor, mas os estudantes também a praticam.	H188 (turnos 208/224)

Os quatro indicadores de eventos de inflexão destacados têm caracterizações próprias e disparam processos de redescrição representacional de forma distinta, mas não há uma relação direta de causa e efeito específica e unívoca. Entretanto, é possível apontar uma relação qualificada entre eventos de inflexão e mecanismos de cognição compartilhada, se levarmos em conta as características pessoais dos estudantes que compõem cada grupo. Voltaremos a esta questão adiante, logo após deliberar sobre a segunda questão de pesquisa.

Uma rápida análise do quadro mostra que a categoria *interposição de questionamento indefinido* está sempre associada a uma dúvida fundamental. Isso significa que o estudante que provocou a interrupção do fluxo da atividade ainda não compreendeu o problema ou o objetivo da atividade, ou tampouco a relação da atividade com os artefatos culturais disponibilizados para enfrentar os problemas propostos.

A *interposição de questionamento com argumentação* revela um nível mais avançado

da atividade em termos de engajamento dos sujeitos, uma vez que o estudante que provoca a interrupção do fluxo apresenta uma dúvida específica, mostrando-se capaz de construir argumentos para sustentar seu ponto de vista a respeito das decisões que são tomadas para a condução da atividade. Essa característica demonstra tanto engajamento comportamental quanto engajamento cognitivo. Essa categoria de evento de inflexão é, portanto, um indicador de que há outros sentidos pessoais, aparentemente contraditórios, que entrarão na negociação.

O indicador *intervenção de segurança* foi criado diante da situação na qual o professor intervém para chamar a atenção dos estudantes para algum detalhe que é fundamental para o desenvolvimento da tarefa, sobre o qual é preciso dar maior atenção. Nos casos em questão (H188, turnos 208 e 224), o professor percebe que os estudantes estão partindo de uma premissa falsa sobre a orientação do campo magnético no centro de uma espira e em uma maneira imprópria de representar campos magnéticos. Professores com suficiente experiência na condução de atividades colaborativas não oferecem uma resposta pronta (as plenárias são o momento mais adequado para isso, quando necessário), apenas apontam um caminho alternativo para a construção de uma resposta satisfatória – uma intervenção que provoca interrupção e redirecionamento no fluxo da atividade. A atuação do professor se faz de forma a manter a iniciativa da tarefa com os estudantes.

A categoria *epifania* representa um dos eventos mais interessantes nos processos de aprendizagem. Encontrada em Clement (CLEMENT, 1989), ela retrata um indiscutível momento de mudança no fluxo da atividade. Entretanto, de maneira diferente dos outros eventos de inflexão, este é reflexivo no sentido em que seus efeitos se manifestam imediatamente no próprio protagonista. É um evento em que tudo parece fazer sentido repentinamente. Um dos nossos exemplos é prototípico (H178, turno 171); depois de algum tempo discutindo com os colegas do grupo, surge um personagem de outro grupo, com uma ideia ligeiramente diferente e não muito clara (quadro 4.20, pág. 177). É o suficiente para que Thales reúna os elementos necessários para disparar uma nova instância do processo de redescritção representacional, se convencendo (e demonstrando satisfação) de ter compreendido melhor o problema enfrentado. Evidentemente, encontramos outros eventos de inflexão, que, no entanto, não produziram os efeitos prescritos pela estrutura de análise representada na ilustração 5.1.

A segunda questão de pesquisa diz respeito à maneira com a qual os sujeitos negociam sentidos e significados dos artefatos-conceitos em uso na atividade: *Que mecanismos de*

cognição compartilhada estão presentes na socialização de sentidos atribuídos a conceitos/artefatos culturais?

Nos episódios analisados foram encontrados cinco mecanismos de cognição compartilhada. Alguns desses mecanismos derivam de proposições encontradas na teoria, enquanto outros foram criados em função das nossas observações acerca do comportamento dos estudantes. Tais mecanismos de cognição emergem do esforço cognitivo de um ou mais sujeitos envolvidos em sociogênese e se constituem como recurso para externalizar processos de redescrição representacional. Dessa maneira, sentidos e significados vão sendo negociados e socializados no ambiente social-cultural da atividade.

O quadro 5.2 nos permite fazer um contraste entre as ações dos dois grupos. Vemos que a “distribuição” dos indicadores de cognição compartilhada permite propor uma hipótese razoável, do ponto de vista qualitativo, com relação à manifestação predominante deste ou daquele indicador nos grupos *C* e *H*. O tamanho da amostra que temos não permite que nos apresseemos em apontar uma generalidade inquestionável acerca dos mecanismos de cognição compartilhada, mas o contraste entre as características de ação dos dois grupos é evidente na análise dos dados.

É fácil perceber que o grupo *H* tem na *ação coordenada colaborativa* um importante mecanismo de cognição compartilhada. É uma característica desse grupo e revela um certo nivelamento do conhecimento entre os estudantes. Por causa desse nivelamento, o trabalho é desenvolvido de forma conjunta, compartilhando os problemas e trocando ideias para suas soluções. Um dos eventos que ocorreu com esse grupo, que conta com a presença do professor, é prototípico (H167, turno 121). A participação dos estudantes na negociação de sentidos é bastante recortada, com a intervenção de todos eles, inclusive com a caracterização, em segundo plano, de outro mecanismo de cognição compartilhada associado, o mecanismo de *materialização de idealidade* (H168, turnos 124/127/132).

Quadro 5.2: Mecanismos de cognição compartilhada, associados a processos de redescrição representacional, destacados nos episódios de cognição compartilhada, analisados para os grupos *C* e *H*. A coluna “ocorrências” fornece *hiperlinks* para o evento, no capítulo de análise dos dados. A letra corresponde ao grupo, e o número a ela imediatamente associado indica a página onde o evento está descrito, seguido do turno de fala correspondente.

Indicadores	Descrição	Ocorrências
Ação coordenada colaborativa	Este mecanismo cognitivo foi proposto com base nos conceitos de intencionalidade e de recursividade da mente (João sabe que Maria sabe	H167 (turno 121) H192 (turno 230)

	que ele [João] sabe), conceitos definidos por Tomasello (NUNGESSER, 2012). Ocorre quando os sujeitos envolvidos são capazes de compreender imediatamente as intenções do seu interlocutor, muitas vezes implícitas, e agir prontamente, colaborando para que a ação se realize. Os movimentos dos agentes envolvidos emergem em suas ações de forma sintonizada e complementar, configurando a construção social de sentidos. A participação de cada um incorpora o objetivo e as intenções de outrem como na rede de interações sociais (ROSSETTI-FERREIRA; AMORIM; SILVA, 2000).	
Coordenação de perspectivas complementares	Habilidade de relacionar diferentes formas de representar o mesmo problema, passando de uma a outra com desenvoltura e segurança. Normalmente incorpora novas formas comunicativas na ação, como gestos alegóricos ou recurso a desenhos esquemáticos elaborados no momento. Essa habilidade se desenvolve devido a um aumento da flexibilidade do pensamento, pela incorporação de novos repertórios comunicativos (TOMASELLO, 2003, p. 232–242).	C157 (turno 93)
Materialização de idealidade	Caracteriza-se pelo uso de gestos para dar forma a algum referente abstrato ou ausente, ou pela substituição de certos artefatos indisponíveis ou reconhecidamente abstratos por objetos comuns ou por um conjunto deles, disponíveis no contexto. A esses materiais se atribui alguma semelhança analógica com o artefato cultural que se queira representar, seja ele concreto ou abstrato.	H168 (turnos 124/127/132) H183 (turno 191) H192 (turno 240)
Recontextualização	Alusão a um outro contexto no qual, em outra oportunidade, supostamente recorrera-se aos mesmos artefatos/conceitos utilizados na presente situação-problema. Compara-se, como argumentação, o uso do mesmo artefato nas duas situações, apontando eventuais semelhanças (principalmente) e/ou diferenças.	C149 (turno 52)
Reorganização de recursos disponíveis	Reelaboração de novos argumentos utilizando relações matemáticas ou conceituais com a reorganização de dados ou de recursos que já se encontram presentes na situação-problema enfrentada. O sujeito recorre, por exemplo, a dados de uma tabela ou aos próprios materiais utilizados em um experimento, para reconstruir o argumento.	C138 (turno 28) H192 (turnos 230/239)

O grupo *C*, por outro lado, dependia muito das ações de um dos estudantes, Pedro – principal protagonista do mecanismo de cognição compartilhada que chamamos de *coordenação de perspectivas complementares*. Ele foi muitas vezes provocado pela colega Sofia que demonstrava alguma dificuldade com o conteúdo, conforme relatamos na análise dos dados (seção 1.4). Ao contrário do grupo *H*, o grupo *C* se caracteriza por uma assimetria relacionada à desenvoltura com que os estudantes trabalham com o sistema simbólico da Física e também com relação ao engajamento. Embora Sofia demonstrasse engajamento comportamental e cognitivo, Caio se mostrava apático e poucas vezes se manifestava. As diferenças comportamentais e cognitivas que caracterizam os estudantes do grupo, embora sejam normais em qualquer grupo humano e ainda mais acentuada entre adolescentes no espaço escolar, provocam o desequilíbrio observado nas relações intersubjetivas. Este cenário demandava ações que fossem capazes de juntar aspectos complementares, inerentes ao uso do

artefato cultural primário (o diagrama vetorial), que não eram evidentes para todos os estudantes do grupo. Esse tipo de ação caracteriza o mecanismo de *coordenação de perspectivas complementares*, que identificamos nas ações de Pedro.

Nesse sentido é que mencionamos haver uma relação entre certos eventos de inflexão e mecanismos específicos de cognição compartilhada, desde que considerássemos as características dos sujeitos que compõem o grupo. No caso do grupo *C*, em que se observa certa assimetria quanto ao engajamento cognitivo-comportamental dos sujeitos, predomina um número maior de *interposição de questionamento indefinido* como evento de inflexão, o que provocaria a *coordenação de perspectivas complementares* como o mecanismo natural para atender uma demanda por dúvidas relacionadas a conceitos/artefatos básicos. Em outro trabalho (BARBOSA; VAZ, 2017), tendo esse mesmo grupo como sujeito de pesquisa, identificamos outro mecanismo de cognição compartilhada que também corrobora essa hipótese, a *coordenação de perspectivas antagônicas*, que também atende a uma demanda provocada por dúvidas relacionadas a aspectos fundamentais da atividade.

No grupo *H*, o mecanismo de cognição compartilhada *ação coordenada colaborativa* foi destacado duas vezes. Podemos associá-lo ao evento de inflexão *intervenção de segurança* considerando que este se caracteriza pela introdução de uma pequena dica, administrada em conta-gotas e que produz uma participação equitativa dos membros do grupo na solução do problema. Tanto o evento de inflexão quanto o mecanismo de cognição compartilhada, neste caso, refletem o maior equilíbrio cognitivo-comportamental do grupo *H* em relação ao grupo *C*. As dúvidas que os estudantes desse grupo manifestam, na maioria das vezes, são resolvidas com pouco auxílio, com pequenas intervenções, como relatado.

5.2. IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

A terceira questão de pesquisa remete a comportamentos e atitudes dos estudantes diante do desafio de aprender, de uma maneira geral, e de aprender Física, nosso interesse específico: *Que comportamentos sociais-culturais, observados nos episódios de sociogênese, podem ser destacados como facilitadores ou inibidores da apropriação de conceitos/artefatos culturais?*

Um dos comportamentos que mais nos chamou a atenção, quando procuramos

responder a esta questão, foi o de Sofia (grupo C). Percebemos, nas ações de Sofia, um tipo de comportamento que consideramos inibidor da aprendizagem. Sofia insistia em seguir um caminho de aprendizagem supostamente “seguro”, representado pela autoridade do professor, sem declará-lo explicitamente (quadro 4.11, pág. 144). Com essa postura, notada mais de uma vez, Sofia sempre questionava as ações ou estratégias propostas pelos colegas que fossem diferentes daquelas propostas pelo professor. Naquela situação, que ora recordamos, Sofia teve uma forte reação contra o diagrama vetorial proposto por Pedro, que era diferente daquele desenhado no quadro, pelo professor.

Este tipo de comportamento nos faz lembrar dos limites de nossa pesquisa enquanto um recorte da realidade; não tivemos acesso a quaisquer dados acerca dos caminhos ontogenéticos trilhados por cada um dos estudantes, fora do contexto da pesquisa, e/ou anteriores a ela. Cada estudante tem uma história social própria que certamente contribuiu para moldar seu comportamento atual. Isso nos conduziu à avaliação de que a insegurança demonstrada por Sofia diante das tarefas enfrentadas pode ser atribuída a dois contextos: o primeiro contexto constitui-se na própria escola, com os constrangimentos (*constraints*) inerentes ao macrossistema de atividade escolar, do qual a disciplina Física e seus instrumentos de avaliação são apenas uma parte. Entre estes instrumentos está, além dos critérios de avaliação da disciplina como provas e testes individuais, a exigência do relatório da atividade experimental.

Alguns estudantes se sentem bastante pressionados diante destas circunstâncias, o que poderia levá-los a uma situação de insegurança e de incerteza. Sofia procuraria “compensar” sua insegurança ao adotar os caminhos sugeridos pelo professor, dificultando propostas dos colegas. Além do evento descrito anteriormente, que mostra a insegurança de Sofia, houve um outro evento, protagonizado por ela, descrito no quadro 4.9, pág. 69. Naquela oportunidade, Sofia discorda da interpretação dada por Pedro com relação à interferência do campo magnético da Terra sobre o campo magnético da bobina. Nós mostramos que a contradição entre os argumentos apresentados pelos dois estudantes é apenas aparente, mas a insegurança de Sofia inibe sua iniciativa em apresentar uma alternativa ao texto do relatório, proposto por Pedro. Nós vimos, pela transcrição do diálogo, que Pedro não consegue melhorar seu próprio processo de redescrição representacional da situação. Porém, Sofia não se aventura a propor uma explicação alternativa e, para compor a conclusão do relatório, acaba aceitando o texto da forma sugerida por Pedro.

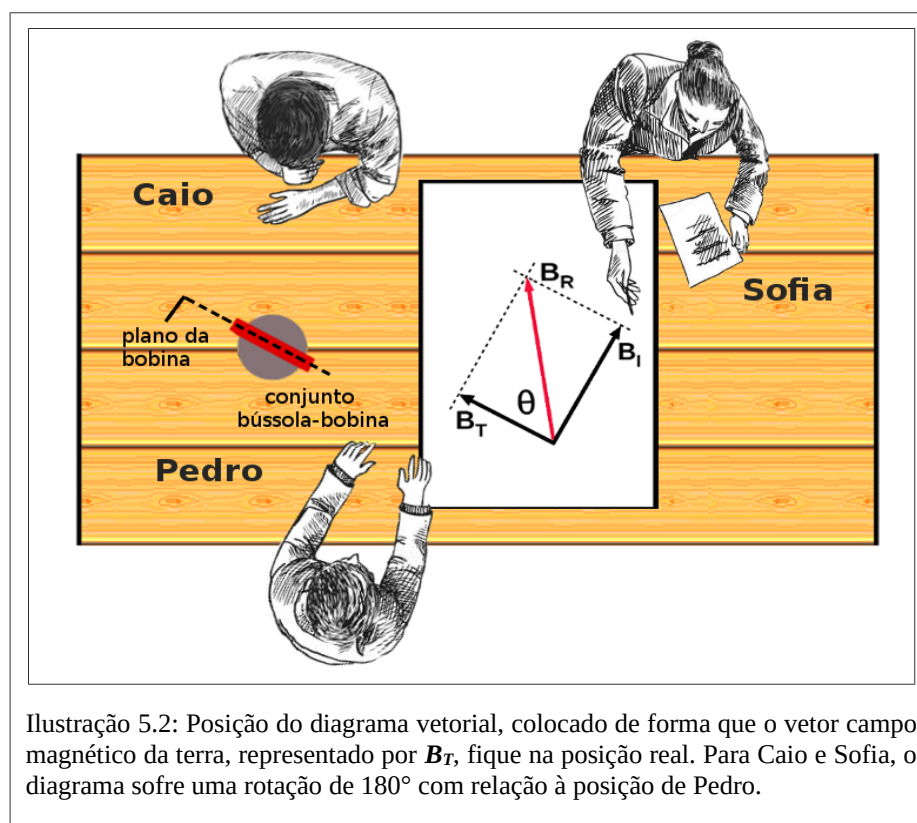
O segundo contexto, que poderia ajudar a compreender o comportamento de Sofia, se refere a períodos anteriores de sua trajetória ontogenética, do qual não dispomos de dados. Por isso, vamos apresentar apenas conjecturas, ainda que essas conjecturas não sejam desprovidas de sentido, tendo surgido das reflexões que emergiram nas entrelinhas da análise dos dados. Pensamos que uma segunda razão para esse comportamento inconsciente de Sofia pode ter sido forjada pela participação em práticas pedagógicas tradicionais, nas quais o professor ocupa o lugar do saber e o estudante o lugar de aprendiz passivo. Nesses contextos, se o professor é o detentor das respostas corretas, suas proposições devem ser as únicas possíveis, adquirindo um status subliminar de verdades incontestáveis. Esse é um cenário conhecido no ensino de Ciências, marcado pela proposição de problemas cujas soluções utilizam certos algoritmos, e cuja resposta “única” é reforçada pela autoridade do professor. No caso de Sofia, se a hipótese for admitida, a submissão ao argumento da autoridade ficou simbolizada pelo diagrama vetorial “correto”, no primeiro exemplo que aludimos; exatamente aquele proposto pelo professor. No segundo exemplo, ela não tem um argumento melhor, muito menos alguma orientação explícita do professor. Essa postura, que ressaltar ser inconsciente, acaba inibindo a possibilidade da estudante avançar na apropriação da significância dos artefatos culturais, e da versatilidade de seu uso.

Há ainda um outro fator, relacionado ao uso do diagrama vetorial no estudo da superposição dos campos magnéticos, que entendemos contribuir para a insegurança demonstrada por Sofia, comum a muitos estudantes. Na verdade, ele pode ser atribuído a uma questão mais geral, no campo epistemológico: o problema da incorporação de esquemas abstratos na experiência do mundo físico. Para dar um exemplo ao nosso argumento, retomamos os diálogos transcritos no quadro 4.11 (pág.144). Neste episódio, os estudantes estão fazendo a representação, em um diagrama vetorial, da superposição entre o campo magnético da Terra e o campo magnético de uma bobina. Se cada estudante desenhasse no caderno o diagrama vetorial, segundo seus referenciais, cada um deles deveria ter uma orientação diferente, porque eles não veem o mesmo diagrama (ilustração 5.2).

Com relação a este episódio, podemos acrescentar, ainda, duas outras dificuldades: a primeira vem do fato de que o grupo começou o experimento com a corrente elétrica na bobina em sentido oposto àquela adotada pelo professor; a segunda, é que o diagrama vetorial desenhado no quadro está desenhado num plano vertical. Esses detalhes tornam ainda mais complexo o diagrama vetorial e pode ser um aspecto inibidor da aprendizagem que

amplificam a insegurança de Sofia.

Esse problema poderia ser enfrentado com algumas intervenções pedagógicas. Por exemplo, os estudantes poderiam desenhar cada um o seu diagrama “real”, ou seja, tomado do seu referencial e comparar as perspectivas diferentes, com a expectativa que eles sejam capazes de perceber que são “iguais” ao girar o papel. A mesma coisa poderia ser feita comparando a perspectiva do professor, com relação à inversão da corrente. A inclusão de situações de conflito tem o objetivo de fomentar o debate argumentativo entre os estudantes, provocando a emergência de perspectivas antagônicas que podem potencializar experiências relevantes para o processo de aprendizagem, que viriam a ser tratadas pelo professor no momento oportuno – as plenárias.



Considerando ainda o problema da incorporação de esquemas abstratos na experiência do mundo físico, há ainda um outro evento que merece ser retomado aqui, que retrata mais um aspecto dificultador da aprendizagem, reconhecido durante a análise dos dados. Trata-se da representação bidimensional de campos magnéticos produzidos por objetos tridimensionais como espiras e solenoides. O evento que queremos rerepresentar está registrado no quadro 4.23 (pág. 188, turno 213). A estudante Elisa (grupo H), repete reiteradamente que não

consegue entender como representar o campo magnético do solenoide. Em dado momento, ela faz um gesto que se assemelha a uma espiral – é o que lhe vem à mente (ilustração 4.28, pág. 190).

A dificuldade manifestada por Elisa neste sentido, nos permite sugerir a inclusão de tarefas nas atividades que tenham por objetivo a construção de modelos tridimensionais de campos magnéticos, para posteriormente representá-los em desenhos bidimensionais. Essa sugestão também se ampara no uso do mecanismo de *materialização de idealidade*, que identificamos cinco vezes. A utilização de um pincel para quadro branco para representar um vetor, sugerida por Thales e aceita pelo professor (quadro 4.18, pág. 167, turnos 124 e 127), mostra que esse mecanismo emerge de forma natural. Isso nos faz pensar que a disponibilização de material adequado para estimular a representação criativa de objetos de estudo pode contribuir para esta necessidade de materialização do abstrato, inerente às atividades humanas e, no caso específico de campos magnéticos, de facilitar a compreensão de seu caráter tridimensional.

Por outro lado, a análise dos dados também mostrou que os próprios mecanismos de cognição compartilhada, responsáveis pela socialização do conhecimento no domínio microgenético, funcionam como facilitadores da aprendizagem. Um bom exemplo para corroborar esta afirmação é um evento descrito no quadro 4.23 (pág. 188). Esse evento acontece em decorrência de uma das questões propostas no Tutorial 7: “Estabeleça uma regra com a qual você possa usar uma de suas mãos para identificar os polos magnéticos de uma espira, se souber o sentido da corrente” (anexo E, pág. 231 – parte III, item A, subitem 2).

Este é um exemplo para o qual a definição de sociogênese, dada por Tomasello, se encaixa perfeitamente. Os estudantes, reunidos em sociogênese, são instigados a propor um novo artefato cultural, a partir das leis e regras que já conhecem acerca dos fenômenos eletromagnéticos estudados até o momento. Nesse ponto da atividade, eles já utilizaram a regra da mão direita para a força magnética que atua sobre um condutor percorrido por corrente elétrica (“regra do tapa”) e a regra de Ampère, para definir a orientação das linhas de campo em torno de um condutor (“regra da motocicleta”). Esta última regra já seria suficiente para definir a orientação do campo magnético da espira, mas a proposição de uma outra regra vai obrigar o uso repetido da própria regra da motocicleta, contribuindo para a compreensão de sua significância. Isso ocorre sem a interferência do professor; depois, em uma plenária, o professor daria oportunidade aos estudantes de socializarem estas regras. O uso alternado da

“regra da motocicleta” e da regra que eles criaram aparece em outros momentos, um dos quais está registrado no quadro 4.24 (pág. 191), evento no qual os estudantes têm o desafio de caracterizar o campo magnético de um solenoide (anexo E, pág. 231, parte III, item C).

Entre os indicadores de cognição compartilhada, elencados no quadro 5.2, ainda merece destaque a *coordenação de perspectivas complementares*. Ela aparece em situações em que há perspectivas diferentes que precisam ser coordenadas, o que nem sempre é fácil. Podemos apontar como exemplo o uso do diagrama vetorial, uma ferramenta matemática abstrata para representar um objeto de estudo também abstrato como o é o campo magnético, como vimos nos episódios destacados para o grupo C.

Do ponto de vista do ensino, situações que induzam a emergência de perspectivas diferentes, antagônicas ou complementares, podem se tornar terreno fértil para o desenvolvimento conceitual. A inclusão planejada de perspectivas conflituosas não significa adesão à ideia de que o conflito cognitivo poderia provocar a substituição do conhecimento equivocado pelo conhecimento correto. Outrossim, sua inclusão deve proporcionar situações de conflitos de perspectiva nas tomadas de decisão em torno das tarefas, preparando as condições para a intervenção do professor. Nesse sentido, tais situações planejadas podem potencializar experiências relevantes para o processo de aprendizagem.

Do ponto de vista das condições de aprendizagem, a efervescência das discussões que caracterizam os ambientes de aprendizagem colaborativa permite aos estudantes manifestarem suas carências conceituais, motivando os outros a se esforçarem para explicar situações ou conceitos problemáticos. Esse fato reforça a importância de *feedbacks*, preleções e plenárias, por parte dos professores. No caso dos *feedbacks*, ou das plenárias, mesmo que não haja condições de se reproduzir as mesmas situações vivenciadas pelos estudantes em seus grupos (o professor pode não ter conhecimento delas), certamente outras perspectivas emergiriam e poderiam favorecer uma renegociação de significados, agora mediada pelo professor.

Assim, a descrição minuciosa, obtida com a análise microgenética, tanto dos eventos de inflexão quanto dos mecanismos de cognição compartilhada, subjacentes aos processos de redescrição representacional que ocorrem nos ambientes de aprendizagem colaborativa, pode ajudar a planejar intervenções mais qualificadas nas atividades de ensino de Ciências, destinadas, principalmente, a circunscrever atividades colaborativas.

A quarta questão abre a discussão sobre a aprendizagem conceitual no contexto de

ambientes de aprendizagem colaborativa: *Que fatores, observados nas atividades de aprendizagem colaborativa, indicam que o protagonismo dos estudantes favoreça processos de aprendizagem conceitual?*

A formulação dessa questão tinha para nós um sentido retórico. Defendíamos, e continuamos a defender, que atividades de aprendizagem colaborativa, desenhadas para promover o protagonismo dos estudantes, favoreçam a aprendizagem conceitual. No entanto, a avaliação da aprendizagem não é o objetivo desta tese. Nosso objetivo foi descrever as maneiras com as quais os sujeitos participantes das atividades atribuem sentidos aos artefatos culturais e negociam seus significados no ambiente social-cultural.

Nesse sentido, a análise microgenética, enquanto estrutura teórico-metodológica, pode sustentar pesquisas sobre a apropriação da significância de certos artefatos culturais específicos pelos estudantes, a partir de situações de sociogênese, nas quais o uso destes artefatos são socializados. A análise microgenética pode indicar aprimoramentos ou modificações nesses artefatos, ou na forma como eles são introduzidos como mediadores nas atividades de ensino. Os detalhes das interações dos sujeitos com os artefatos poderiam servir de suporte para tomadas de decisão neste sentido. Esses detalhes não poderiam ser percebidos em estudos cujo foco fossem os produtos e não os processos de aprendizagem.

Vimos, nos episódios analisados, que o professor procura estimular os estudantes a debater e procurar respostas às suas dúvidas na interação com os colegas de grupo, antes que ele intervenha. Esta é uma ação pedagógica cujo objetivo consciente é “transferir responsabilidade” (VAN DE POL; VOLMAN; BEISHUIZEN, 2010), ou melhor, dividir a responsabilidade sobre a aprendizagem com os próprios estudantes, deixando-os, sempre que possível, fora da zona de conforto. Do ponto de vista das orientações pedagógicas para o trabalho em ambientes de aprendizagem colaborativa, isso é essencial, pois dessa maneira os estudantes se preparam para as plenárias, tomando consciência de suas dúvidas, assumindo o controle do próprio processo de aprendizagem em relação aos fenômenos estudados. Ressaltamos que em ambientes de aprendizagem tradicionais a ocorrência dessas condições é rara, senão inexistente, devido à centralidade didática nas ações do professor e à consequente passividade dos estudantes.

Retomemos, por exemplo, o episódio no qual o professor faz duas *intervenções de segurança* (eventos de inflexão, quadro 4.23, pág. 188), as quais interpretamos como

prototípicas no sentido de apontar uma mudança de direção na abordagem do problema e, ao mesmo tempo, manter o protagonismo com os estudantes. Na primeira intervenção, o professor aponta um erro de interpretação do estudante Thales sobre o campo magnético no interior do solenoide, mas, sem dar uma resposta direta, insiste na comparação com o campo de uma espira. Na segunda, ele aponta uma representação inapropriada das linhas de campo (ilustração 4.27, pág. 189). Após essas intervenções, ele não volta ao grupo. Assim, os estudantes retomam o protagonismo, dando suporte seguro para a colega Elisa na continuação da tarefa (processo de redescrição representacional, quadro 4.24, pág. 191). Consideramos como uma evidência de aprendizagem conceitual as novas versões da representação dos campos magnéticos extraídas dos cadernos dos três estudantes (ilustração 5.3). Nas ilustrações 5.3(a) e 5.3(b), as linhas de campo estão bem representadas e não se cruzam. Na ilustração 5.3c – referente ao caderno do Thiago – vemos ainda apenas uma linha representando o sentido do campo no interior do solenoide (as outras linhas são as pautas do caderno). No nosso entendimento, no entanto, a decisão de fazer apenas uma linha no interior do solenoide, nessa figura, pode significar uma ênfase no sentido do campo, obedecendo ao comando da questão 2 do tutorial (anexo D, pág. 229): “Descreva o campo magnético próximo ao centro do solenoide”.

Um dos eventos que acabamos de nos referir (quadro 4.24, na pág. 191), é também um indicador de que a transferência de responsabilidade, nas atividades de aprendizagem colaborativa, não é uma atitude exclusiva do professor. Naquele evento, Elisa manifesta muita dificuldade em compreender a configuração do campo magnético no solenoide e, conseqüentemente, em como representá-lo. Os dois colegas de grupo orientam Elisa para que ela mesma “descubra” o que eles já apreenderam, insistindo para que ela utilize a regra da motocicleta. Thales chega ao ponto de pegar na mão de Elisa, dizendo para que ela “espiche” os dedos para posicioná-los corretamente sobre a representação do solenoide. Nesse evento, no qual identificamos a ocorrência de um mecanismo de *ação coordenada colaborativa*, os estudantes Thales e Thiago insistem para que Elisa repita os procedimentos que eles já fizeram, nos permitindo inferir que eles reconhecem que a apropriação da significância do artefato cultural somente ocorre com o uso.

Como vimos, o trabalho do professor, como “tutor” da aprendizagem nos ambientes de aprendizagem colaborativa, exige tanto conhecimento das abordagens pedagógicas do conteúdo, quanto o conhecimento de conteúdos específicos. Essa conclusão aponta

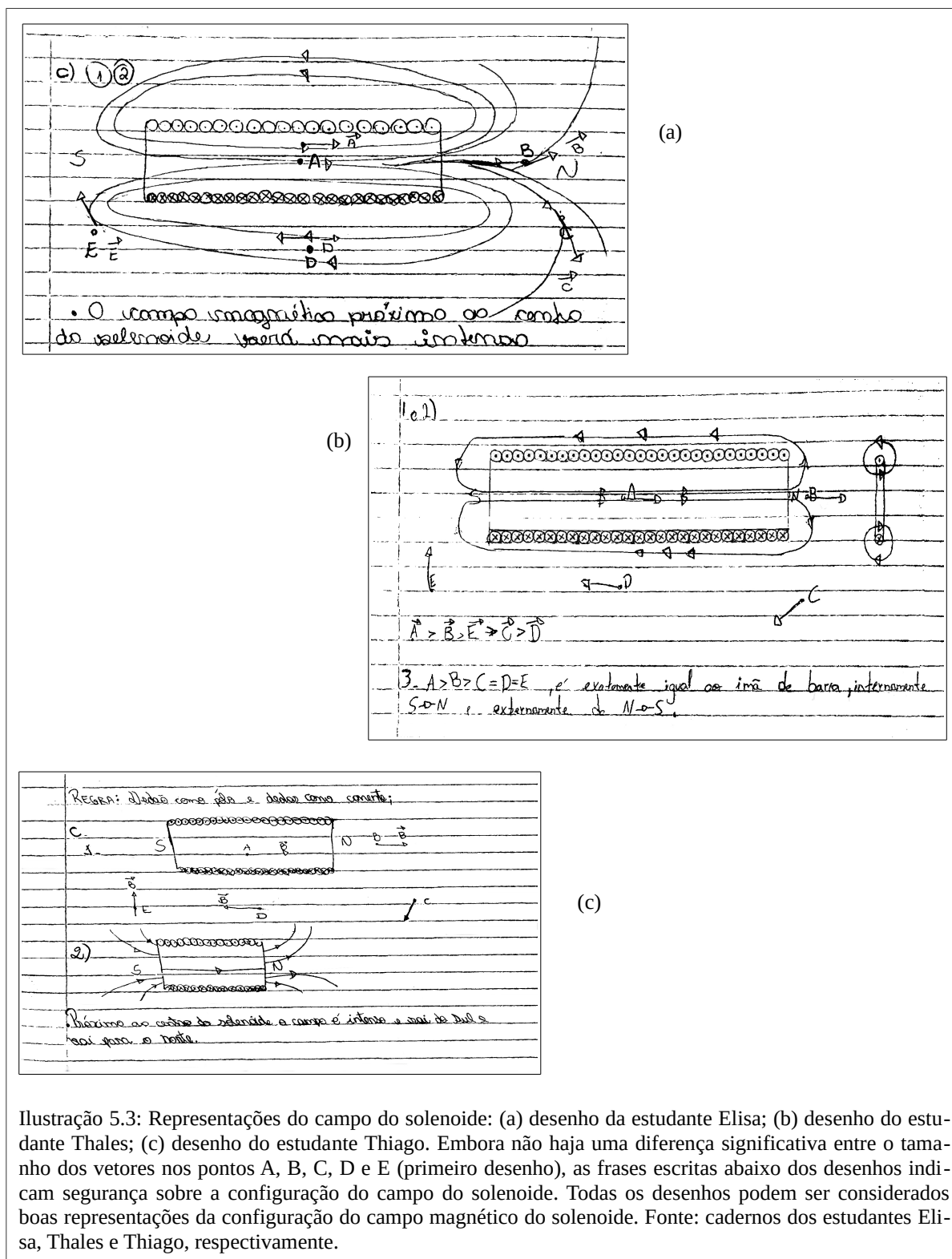


Ilustração 5.3: Representações do campo do solenoide: (a) desenho da estudante Elisa; (b) desenho do estudante Thales; (c) desenho do estudante Thiago. Embora não haja uma diferença significativa entre o tamanho dos vetores nos pontos A, B, C, D e E (primeiro desenho), as frases escritas abaixo dos desenhos indicam segurança sobre a configuração do campo do solenoide. Todos os desenhos podem ser considerados boas representações da configuração do campo magnético do solenoide. Fonte: cadernos dos estudantes Elisa, Thales e Thiago, respectivamente.

inevitavelmente para a importância de uma sólida formação de professores e realça ainda a importância do uso de resultados de pesquisas em Educação na elaboração de atividades de

ensino.

5.3. IMPLICAÇÕES PARA A PESQUISA

A estrutura apresentada na ilustração 5.1 mostrou-se bastante ajustada à análise dos episódios destacados. Não poderia ser diferente, uma vez que admitimos que ela emergiu durante a “construção do método” – para usar um termo do universo vygotskyano – como um artefato cultural para mediar a ação dos pesquisadores. Esta estrutura permitiu representar um processo de mudança com início, meio e fim; ainda que esse fim não se contenha em si mesmo, representando uma nova janela, aberta para a objetivação de sentidos pessoais e para a negociação de significados.

Por outro lado, mas de forma esperada, o contexto no qual a pesquisa foi realizada mostrou-se muito rico, consideradas as relações intersubjetivas nas diversas atividades realizadas. Essa riqueza, observada nas interações entre os estudantes, tem como principal razão a maior liberdade que os estudantes encontram em expor suas ideias aos colegas. Nesse sentido, tanto as perguntas formuladas quanto as respostas dadas pelos estudantes são bastante espontâneas – fato ocorrido nos dois grupos observados. Esse aspecto sugere que a estratégia de antecipar a presença de um dos pesquisadores na sala de aula, junto com todo equipamento de gravação, reduziu ao mínimo quaisquer constrangimentos que pudessem comprometer os dados ou a liberdade comunicativa dos estudantes.

Tudo isso nos deu segurança para considerar que a pesquisa tenha sido realizada dentro de critérios de validade ecológica; ou seja, os estudantes não foram retirados de seu ambiente normal, nem fizeram atividades diferentes daquelas que seriam feitas caso a pesquisa não se realizasse. A quantidade de dados primários construídos na primeira fase da pesquisa apontou muitos outros eventos de potencial interesse que poderiam ter sido destacados para compor este trabalho. No entanto, era preciso fazer escolhas, e alguns desses episódios não puderam ser aproveitados neste trabalho, sendo apresentados em outros contextos (BARBOSA; VAZ, 2016, 2017). Outros ainda poderão ser utilizados no futuro.

A adoção do processo de redescrição representacional como unidade de análise deveu-se ao fato de que este conceito atendia a duas demandas relacionadas à pesquisa. A primeira, situada no campo teórico, dizia respeito aos processos cognitivos por meio dos quais se

estabelece uma tensão dialética entre o que se passa no plano interno (individual) e aquilo que é objetivado no plano das relações intersubjetivas (o meio social-cultural). A segunda demanda se situa no campo metodológico. Embora saibamos que algumas vozes conhecidas na teoria sociocultural questionem a necessidade de uma unidade de análise nas pesquisas em Educação (ver, por exemplo MATUSOV, 2007), a adoção do processo de redescrição representacional como unidade de análise, para investigações no domínio microgenético, permitiu que fizéssemos recortes mais criteriosos na construção dos dados ainda no primeiro nível de análise.

Com o desenvolvimento dos esforços de análise, percebemos que a própria estrutura à qual chamamos de episódio de cognição cultural, reproduzida na ilustração 5.1, ao incorporar ao processo de redescrição representacional o evento de inflexão como estímulo cultural, de um lado, e os mecanismos subjacentes de cognição compartilhada, de outro, amplia o significado do próprio processo de redescrição representacional, sempre associado à mediação por artefatos culturais. Percebemos que essa reconfiguração do processo de redescrição representacional poderia se constituir em uma nova unidade de análise, a nosso ver, mais robusta do ponto de vista da teoria sociocultural, uma vez que, com essa configuração ela passaria a representar uma unidade do todo, “a menor parte de uma totalidade que ainda guarda suas propriedades”, definição dada por Vygotsky a unidades de análise (VYGOTSKY, 2001a, p. 25).

Essa possibilidade, já adotada em outro trabalho (BARBOSA; VAZ, 2017), pode estruturar uma agenda de pesquisa no futuro, permitindo uma diminuição planejada do volume de registros em vídeo, reduzindo o tempo de gravação. Isso permitiria a incorporação aos dados, por exemplo, de seções de entrevistas com os estudantes, cujo tema envolvesse eventos de potencial interesse de pesquisa, demarcados em um primeiro nível de análise, protagonizados pelos mesmos estudantes a serem entrevistados. A utilização de entrevistas com os estudantes estava prevista no projeto de pesquisa original, mas as dificuldades encontradas no contexto da pesquisa se impuseram, não sendo possível realizá-las. Por outro lado, como dispúnhamos de uma grande quantidade de registros, esse fato não nos causou preocupação, e não prejudicou a pesquisa.

Do ponto de vista da aproximação entre a pesquisa em ensino de Física e o ensino de Física (ou de Ciências, de uma forma mais abrangente), a investigação dos processos que ocorrem no domínio microgenético, e não dos produtos da aprendizagem, mostrou que tem

potencial para investigar a existência de eventuais obstáculos à aprendizagem que não são percebidos pelos professores e que podem se tornar dificuldades intransponíveis no caminho ontogenético de alguns estudantes. Nesse sentido, a descrição que fizemos de alguns episódios apontam indícios suficientes que justificam a continuidade e o aprofundamento da pesquisa com o mesmo objeto que nos trouxe até aqui: as negociações de sentido e de significado nas relações sociogenéticas, mediadas por artefatos culturais.

Uma outra perspectiva de pesquisa se insere no campo teórico que fundamenta a aprendizagem. O fato de passarmos a admitir o episódio de cognição cultural como unidade de análise nos chamou a atenção novamente para o próprio conceito de redescrição representacional, que a partir daquele momento passava a ocupar o núcleo da unidade de análise. No preâmbulo da [seção 2.2](#), manifestamos a expectativa de que o conceito de redescrição representacional pudesse ser considerado o princípio explanatório da socialização de sentidos e de significados, no domínio microgenético. Do ponto de vista da teoria sociocultural, o princípio explanatório está associado originalmente ao estudo da consciência no campo da psicologia do comportamento. Do ponto de vista da pesquisa em Educação, o conceito de consciência deve ser relacionado à questão da aprendizagem – a aprendizagem como tomada de consciência.

Embora esta expectativa não tenha se concretizado nesta tese, com um tratamento exclusivo, mostramos no trabalho que, de certa maneira, um passo a favor dessa atribuição funcional já teria sido dado por Tomasello (2003), uma vez que, para ele, o processo de redescrição representacional é um dos recursos cognitivos de que as pessoas dispõem para se apropriarem dos artefatos pertencentes ao seu mundo social-cultural, ou seja, é um dispositivo de aprendizagem cultural. Para nós, a apropriação, por uma pessoa, de artefatos culturais pertencentes ao seu mundo, significa tomar consciência de si e de sua humanidade. Para George Mead, por exemplo, não há gênese de consciência – tomada de atitude por uma pessoa em relação a seu próprio comportamento (atitude autorreguladora) – sem a gênese e existência de símbolos ou gestos significantes (conforme KOZULIN, 2002, p. 113).

A própria lei genética geral do desenvolvimento cultural, de Vygotsky, que apresentamos como um dos fundamentos deste trabalho, pressupõe a tomada de consciência de ocorrências sociais como condição necessária para a internalização de conhecimentos. Nesse sentido, mostramos, durante a análise, que o processo de redescrição representacional pode ocupar o papel de mediador desse movimento que ocorre de fora para dentro (do sujeito)

e também de dentro (do sujeito) para fora; mostramos que o processo de redescrição representacional trabalha nos dois sentidos das ações metadirigidas. Ou seja, os mesmos processos de tomada de consciência das ideias que, mediadas pelos artefatos culturais, estão sendo apropriadas e que funcionam como ferramentas psicológicas no sentido de autocontrolar o processo de subjetivação, também permite restituí-las ao meio social-cultural, reconstruídas e ressignificadas nos processos sociogenéticos (objetivação).

Consideramos que o uso que fizemos do conceito de redescrição representacional antecipa a possibilidade de apontá-lo como o princípio explanatório da tomada de consciência pessoal em relação aos artefatos culturais, no domínio microgenético. Queremos crer que trabalhos futuros nessa direção possam aprofundar essa ideia e instrumentalizar essa possibilidade.

6. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, O. G.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Learning from and responding to students' questions: The authoritative and dialogic tension. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 2, p. 174–193, 2010.
- ALVES, P. B. A ecologia do desenvolvimento humano: experimentos naturais e planejados. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 10, n. 2, p. 369–373, 1997.
- AMALDI, U. **Imagens da Física. As idéias e as experiências do pêndulo aos quarks**. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 1997.
- AMBROSE, B. S. et al. Student understanding of light as an electromagnetic wave: Relating the formalism to physical phenomena. **American Journal of Physics**, v. 67, n. 10, p. 891–898, 1999.
- ARANCIBIA, M.; OLIVA, I.; PAIVA, F. Procesos de significación mediados por una plataforma de aprendizaje colaborativo desde los protagonistas. Meaning Processes mediated through a Protagonists' Collaborative Learning Platform. **Revista Comunicar**, v. 21, p. 75–85, 2014.
- ARAÚJO, A. O. DE. **O Perfil Conceitual de Calor e sua utilização em comunidades situadas**. [s.l.] UFMG, 2014.
- ARONS, A.; REDISH, E. F. **Teaching Introductory Physics**. New York: John Willey, 1997.
- BARBOSA, J. P. V.; VAZ, A. DE M. **Estudo da viabilidade do uso da análise microgenética na pesquisa em ensino de Física**. Natal: [s.n.].
- BARBOSA, J. P. V.; VAZ, A. DE M. **Negociação de sentidos em aulas de Física conduzidas em ambientes de aprendizagem colaborativa** XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Florianópolis: ABRAPEC, 2017. Disponível em: <<http://abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0218-1.pdf>>.
- BASTOS, F.; NARDI, R.; DINIZ, R. E. DA S. Objeções em relação a propostas construtivistas para a educação em Ciências: possíveis implicações para a constituição de referenciais teóricos norteadores da pesquisa e do ensino. **ENPEC-ANAIS**, p. 1–14, 2001.
- BENEGAS, J. Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 1, n. 1, p. 32–38, 2007.
- BEREITER, C. Toward a Solution of the Learning Paradox. **Copy of Review of Educational Research**, v. 55, n. 2, p. 201–226, 1985.

- BONAMINO, A. C.; BRANDÃO, Z. Posfácio. In: BRANDÃO, Z. (Ed.). . **A crise dos paradigmas e a educação**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2002. p. 104.
- BOSCO, C. S. **O Processo de Construção de Práticas Argumentativas nas Aulas de Ciências em uma Abordagem Investigativa: Interações Discursivas nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental**. [s.l.] UFMG, 2015.
- BRANCO, A. U. Sociogênese e canalização cultural: contribuições à análise do contexto das salas de aula. **Temas em psicologia**, v. 1, n. 3, p. 9–17, 1993.
- BRUNER, J. Ignace Meyerson and cultural psychology. In: **The mind as a scientific object. Between brain and culture**. Nova York: Oxford University Press, 2005. p. 402–412.
- BRYAN, R. R.; GLYNN, S. M.; KITTLESON, J. M. Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. **Science Education**, v. 95, n. 6, p. 1049–1065, 2011.
- CAHAN, E. D.; WHITE, S. H. Proposals for a second psychology. **American Psychologist**, v. 47, n. 2, p. 224–235, 1992.
- CASTORINA, J. A.; BAQUERO, R. J. O problema dos níveis e das unidades de análise no desenvolvimento. In: **Dialética e psicologia do desenvolvimento: o pensamento de Piaget e Vygotsky**. 1a. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2008. p. 121–134.
- CHESHIRE, A. et al. Modelling Change: New Opportunities in the Analysis of Microgenetic Data. **Infant and Child Development**, v. 16, p. 119–134, 2007.
- CLAXTON, G. **Educating the inquiring mind: The challenge for school science**. New York: Harvester Wheatsheaf, 1991.
- CLEMENT, J. Learning via model construction and criticism: Protocol evidence on sources of creativity in science. In: GLOVER, G.; RONNING, R.; REYNOLDS, C. (Eds.). . **Handbook of creativity: Assessment, theory and research**. New York: Plenum, 1989. p. 341–381.
- COELHO, R. L. On the concept of force: How understanding its history can improve physics teaching. **Science and Education**, v. 19, n. 1, p. 91–113, 2010.
- COLE, M. **Cultural Psychology: A once and future discipline**. Cambridge: Harvard University Press, 1996a.
- COLE, M. Putting culture in the middle. In: **Cultural Psychology: A once and future discipline**. Cambridge: Oxford University Press, 1996b. p. 116–145.
- COLE, M. A Cultural Approach to Ontogeny. In: **Cultural psychology: A once and future discipline**. Cambridge: Harvard University Press, 1996c. p. 178–219.

- COLE, M.; ENGESTROM, Y. A cultural historical approach to distributed cognition. In: SALOMON, G. (Ed.). . **Distributed cognitions: Psychological and educational considerations**. New York: Cambridge University Press, 1993. p. 1–46.
- CONNOLLY, K.; BRUNER, J. Nature and Uses of Immaturity. In: CONNOLLY, K.; BRUNER, J. (Eds.). . **The Growth of Competence**. New York: Academic Press, 1972. p. 11–48.
- CORREIA, F. B. A constituição social da mente: (re)descobrimo Jerome Bruner e construção de significados. v. 8, n. 3, p. 505–513, 2003.
- CORTELLA, M. S. **A escola e o conhecimento: Fundamentos epistemológicos e políticos**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- COSTAS, F.; FERREIRA, L. Sentido, significado e mediação em Vygotsky: implicações para a constituição do processo de leitura. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 55, p. 205–223, 2011.
- CRAWFORD, B. A.; KRAJCIK, J. S.; MARX, R. W. Elements of a community of learners in a middle school science classroom. **Science Education**, v. 83, n. 6, p. 701–723, 1999.
- DAMIANI, M. F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar em Revista**, n. 31, p. 213–230, 2008.
- DANIELS, H. **Uma introdução a Vygotsky**. 1. ed. São Paulo: Loyola, 2002.
- DANIELS, H. **Vygotsky e a pedagogia**. 1. ed. São Paulo: Loyola, 2003.
- DANIELS, H.; COLE, M.; WERTSCH, J. **The Cambridge companion to Vygotsky**. New York: Cambridge University Press, 2007.
- DARTNALL, T. Redescription, information and access. In: **Artificial intelligence and creativity: An interdisciplinary approach**. [s.l.] Kluwer Academic Publishers, 1994.
- DE BACKER, L.; VAN KEER, H.; VALCKE, M. Exploring evolutions in reciprocal peer tutoring groups’ socially shared metacognitive regulation and identifying its metacognitive correlates. **Learning and Instruction**, v. 38, p. 63–78, 2015.
- DEWEY, J. **Como pensamos**. 4. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1979.
- DILLENBOURG, P. et al. The evolution of research on collaborative learning. In: SPADA, E.; REIMAN, P. (Eds.). . **Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science**. Oxford: Elsevier, 1995. p. 189–211.
- DISESSA, A. A. The construction of causal schemes: Learning mechanisms at the knowledge level. **Cognitive Science**, v. 38, n. 5, p. 795–850, 2014.
- DRAKE, S. A further reappraisal of impetus theory. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 7, n. 4, p. 319–336, 1976.

- DRIVER, R. et al. **Making sense of secondary science: Research into children's ideas**. 1. ed. London: Routledge, 1994.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHIE, A. **Children's ideas in science**. Philadelphia: Open University Press, 1985.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, p. 287–312, 2000.
- DUSCHL, R. Making the nature of science explicit. In: MILLAR, R.; OSBORNE, J. (Eds.). . **Improving science education: The contribution of research**. Philadelphia: Open University Press, 2000. p. 187–206.
- DUSCHL, R. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. **Review of Research in Education**, v. 32, n. 1, p. 268–291, 2008.
- EMIG, B. R. et al. Inviting argument by analogy: Analogical-mapping-based comparison activities as a scaffold for small-group argumentation. **Science Education**, v. 98, n. 2, p. 243–268, 2014.
- ENGESTROM, Y. **Learning by expanding. An activity theoretical approach to developmental research**. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.
- ENGESTROM, Y. At the limits of cognitivism. In: [s.l: s.n.]. p. 1–56.
- ENGESTROM, Y. **Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research**. [s.l: s.n.].
- FARIA, A. F. **Investigação de experiências de pensamento científico de estudantes em tarefas de física em grupo**. [s.l.] UFMG, 2016.
- FINKELSTEIN, N. D.; POLLOCK, S. J. Replicating and understanding successful innovations: Implementing tutorials in introductory physics. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2005.
- FLYNN, E.; PINE, K.; LEWIS, C. Using the microgenetic method to investigate cognitive development: An introduction. **Infant and Child Development**, v. 16, n. 1, p. 1–6, 2007.
- FURBERG, A.; KLUGE, A.; LUDVIGSEN, S. Student sensemaking with science diagrams in a computer-based setting. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 8, n. 1, p. 41–64, 2013.
- GILBERT, J. K.; WATTS, M. D. Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. **Studies in Science Education**, v. 10, p. 61–98, 1983.
- GILLIES, R. M. et al. The effects of two strategic and meta-cognitive questioning approaches on children's explanatory behaviour, problem-solving, and learning during cooperative,

inquiry-based science. **International Journal of Educational Research**, v. 53, p. 93–106, 2012.

GINZBURG, C. Sinais: raízes de um paradigma indiciário. In: **Mitos, emblemas, sinais: Morfologia e História**. São Paulo: Companhia das Letras, 1989. p. 143–179.

GOERTZEN, R.; SCHERR, R.; ELBY, A. Accounting for tutorial teaching assistants' buy-in to reform instruction. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, p. 1–20, 2009.

GÓES, M. C. R. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. **Cadernos Cedes**, n. 50, p. 9–25, 2000.

GRANDY, R.; DUSCHL, R. A. Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. **Science and Education**, v. 16, n. 2, p. 141–166, 2007.

GRAU, V.; WHITEBREAD, D. Self and social regulation of learning during collaborative activities in the classroom: The interplay of individual and group cognition. **Learning and Instruction**, v. 22, n. 6, p. 401–412, 2012.

GRIMES, C.; SCHROEDER, E. Os conceitos científicos dos estudantes do Ensino Médio no estudo do tema “origem da vida”. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 4, p. 959–976, 2015.

GUALTER JOSÉ BISCUOLA; BÔAS, N. V.; HELOU, R. **Física 1**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

GUBA, E.; LINCOLN, Y. Competing paradigms in qualitative research. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Eds.). **Handbook of quantitative research**. Thousand Oaks: SAGE, 1994. p. 105–117.

JANSSEN, J. et al. Making the black box of collaborative learning transparent: Combining process-oriented and cognitive load approaches. **Educational Psychology Review**, v. 22, n. 2, p. 139–154, 2010.

JORCZAK, R. L. An information processing perspective on divergence and convergence in collaborative learning. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 6, n. 2, p. 207–221, 2011.

JORNET, A.; ROTH, W. The work of connecting multiple presentational forms : Theory and a case study. **Science Education**, v. 99, n. 2, p. 378–403, 2015.

KARLSSON, G. Animation and grammar in science education: Learners' construal of animated educational software. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 5, n. 2, p. 167–189, 2010.

KARMILOFF-SMITH, A. Taking development seriously. In: **Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1993. p. 1–29.

- KARMILOFF-SMITH, A. Precis of Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 17, p. 693–745, 1994.
- KHOSA, D. K.; VOLET, S. E. Productive group engagement in cognitive activity and metacognitive regulation during collaborative learning: can it explain differences in students' conceptual understanding? **Metacognition and Learning**, p. 287–307, 2014.
- KIRSCHNER, F. et al. Differential effects of problem-solving demands on individual and collaborative learning outcomes. **Learning and Instruction**, v. 21, n. 4, p. 587–599, 2011.
- KOHLMYER, M. A. et al. Tale of two curricula: The performance of 2000 students in introductory electromagnetism. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, p. 20105, 2009.
- KOYRÉ, A. A física do Impetus: Benedetti. In: **Estudos galilaicos**. Lisboa: Dom Quixote, 1986. p. 58–75.
- KOZULIN, A. O conceito de atividade na psicologia soviética. In: DANIELS, H. (Ed.). . **Uma Introdução a Vygotsky**. Sao Paulo: Loyola, 2002. p. 111–137.
- KRAWCZYK, N. R.; CAMPOS, M. M.; HADDAD, S. **O Cenário educacional latino-americano no limiar do século XXI: reformas em debate**. 1. ed. Campinas: Autores Associados, 2000.
- LAVELLI, M. et al. Using microgenetic designs to study change processes. In: TETI, D. M. (Ed.). . **Handbook of research methods in developmental science**. Oxford: Blackwell, 2005. p. 40–65.
- LIN, T.-J. et al. Social influences on children's development of relational thinking during small-group discussions. **Contemporary Educational Psychology**, v. 41, p. 83–97, 2015.
- LOOI, C. K.; CHEN, W.; NG, F. K. Collaborative activities enabled by GroupScribbles (GS): An exploratory study of learning effectiveness. **Computers and Education**, v. 54, n. 1, p. 14–26, 2010.
- LORDELO, R. A Crise na Psicologia: Análise da Contribuição Histórica e Epistemológica de L. S. Vigotski. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 27, n. 4, p. 537–544, 2011.
- LOURENÇO, O. Piaget and Vygotsky: Many resemblances, and a crucial difference. **New Ideas in Psychology**, v. 30, n. 3, p. 281–295, 2012.
- MATUSOV, E. In Search of “the Appropriate” Unit of Analysis for Sociocultural Research. **Culture & Psychology**, v. 13, n. 3, p. 307–333, 1 set. 2007.
- MATUSOV, E. Irreconcilable differences in Vygotsky's and Bakhtin's approaches to the social and the individual: An educational perspective. **Culture & Psychology**, v. 17, n. 1, p. 99–119, 2011.

- MAZUR, E.; WATKINS, J. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: SCOTT, S.; MARK, M. (Eds.). . **Just in time teaching: Across the disciplines, and across the academy**. Sterling: Stylus, 2010. p. 39–62.
- MCDERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S. **Tutorials in Introductory Physics**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.
- MEIRA, L. Análise microgenética e videográfica. **Temas em psicologia**, n. 3, 1994.
- MERCER, N. Commentary on the Reconciliation of Cognitive and Sociocultural Accounts of Conceptual Change. **Educational Psychologist**, v. 42, n. 1, p. 75–78, jan. 2007.
- MESTRE, L. S. Student preference for tutorial design: a usability study. **Reference Services Review**, v. 40, p. 258–276, 2012.
- MOLON, S. I. Questões metodológicas de pesquisa na abordagem sócio-histórica. **Informática na Educação: Teoria e Prática**, v. 11, n. 1, p. 56–68, 2008.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciência: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20–39, 1996.
- 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.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. DE C. E. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? Resumo. **Ensaio**, v. 9, n. 1, p. 89–111, 2007.
- NUNGESSER, F. Three Dimensions of the Sociality of Action. Some Reflections based on the Cultural Psychology of Michael Tomasello and Sociological Pragmatism. **European Journal of Pragmatism and American Philosophy**, v. IV, n. 1, p. 178–207, 2012.
- OCDE; OIE-UNESCO; UNICEF. **La naturaleza del aprendizaje: Usando la investigación para inspirar la práctica**. [s.l.: s.n.].
- OPFER, J. E.; SIEGLER, R. S. Revisiting preschoolers' living things concept: A microgenetic analysis of conceptual change in basic biology. **Cognitive Psychology**, v. 49, n. 4, p. 301–332, 2004.
- OSBORNE, J. Beyond constructivism. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 80, n. 1, p. 53–82, 1996.
- OSBORNE, R.; WITTRICK, M. The generative learning model and its implications for science education. **Studies in Science Education**, v. 12, n. 1, p. 59–87, 1985.
- PATHAK, S. A. et al. Learning the physics of electricity: A qualitative analysis of collaborative processes involved in productive failure. **International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning**, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2011.

- PAULA, H. DE F. E. Fundamentos Pedagógicos para o Uso de Simulações e Laboratórios Virtuais no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 1, p. 75–103, 2017.
- PÉREZ, M. C.; SANTIGOSA, A. S. Psicología cultural: Una aproximación conceptual e histórica al encuentro entre mente y cultura. **Avances en Psicología Latinoamericana**, v. 23, p. 15–31, 2005.
- PFUNDT, H.; DUIT, R. **Bibliography: Students' alternative frameworks and science education**. 3. ed. Kiel: IPN, 1991.
- PIATELLI-PALMARINI, M. **Teorias da linguagem, teorias da aprendizagem: o debate entre Jean Piaget e Noan Chomsky**. Sao Paulo: Cultrix, 1983.
- POLLOCK, S. J. A longitudinal study of student conceptual understanding in Electricity and Magnetism. **Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.**, v. 5, n. December, p. 20110-1-20110–8, 2009.
- RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; MERRILL, J. **Fundamentos de Física, vol. 1, Mecânica, 1a ed.. Rio de Janeiro, LTC. 1992**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1991.
- ROJAS-DRUMMOND, S.; MERCER, N. Scaffolding the development of effective collaboration and learning. **International Journal of Educational Research**, v. 39, n. 1–2, p. 99–111, jan. 2003.
- ROSSETTI-FERREIRA, M. C.; AMORIM, K. S.; SILVA, A. P. S. Uma perspectiva teórico-metodológica para análise do desenvolvimento humano e do processo de investigação. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 13, n. 2, p. 281–293, 2000.
- SANTOS, B. DE S. **Um Discurso sobre as Ciências**. São Paulo: Cortez, 2003.
- SCHROEDER, E. **A teoria histórico-cultural do desenvolvimento como referencial para análise de um processo de ensino**. Florianópolis: UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- SIEGLER, R. S. Microgenetic analyses of learning. In: KUHN, D.; SIEGLER, R. S. (Eds.). . **Handbook of child psychology (VOL 2): Cognition, perception and language** Cognition, perception and language. New Jersey: Wiley and sons, 2006. p. 464–510.
- SIEGLER, R. S.; CROWLEY, K. The Microgenetic Method. A Direct Means for Studying Cognitive Development. **American Psychologist**, v. 46, n. 6, p. 606–620, 1991.
- SIRGADO, A. P. O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. **Cadernos CEDES**, v. 24, p. 32–43, 1991.
- SIRGADO, A. P. Processos de significação e constituição do sujeito. **Temas em psicologia**, n. 1, p. 17–24, 1993.

- SIRGADO, A. P. O social e o cultural na obra de Vigotski. **Educação & Sociedade**, v. 21, n. 71, p. 45–78, 2000.
- SLEZAK, C. et al. Investigating the effectiveness of the tutorials in introductory physics in multiple instructional settings. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 7, n. 2, p. 1–8, 2011.
- SOLOMON, J. The Rise and Fall of Constructivism. **Studies in Science Education**, v. 23, n. 1, p. 1–19, 1994.
- STAHL, G.; KOSCHMANN, T.; SUTHERS, D. Aprendizagem colaborativa com suporte computacional: Uma perspectiva histórica. In: SAWYER, R. K. (Ed.). . **Cambridge handbook of the learning sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. 2. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2008.
- STRØMME, T. A.; FURBERG, A. Exploring Teacher Intervention in the Intersection of Digital Resources, Peer Collaboration, and Instructional Design. **Science Education**, v. 99, n. 5, p. 837–862, 2015.
- TEASLEY, S.; ROSCHELLE, J. Constructing a Joint Problem Space: The Computer as a Tool for Sharing Knowledge. In: **Computer supported collaborative learning**. New York: Springer Verlag, 1995. p. 229–258.
- TOMASELLO, M. **Origens culturais da aquisição do conhecimento humano**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- TOMASELLO, M. et al. Understanding and sharing intentions: the origins of cultural cognition. **The Behavioral and brain sciences**, v. 28, n. 5, p. 675-91-735, out. 2005.
- TOMASELLO, M. **Why we cooperate**. Cambridge: Boston Review, 2009.
- TOMASELLO, M.; RAKOCZY, H. What Makes Human Cognition Unique? From Individual to Shared to Collective Intentionality. **Mind & Language**, v. 18, n. 2, p. 121–147, 2003.
- TORRES, P. L. et al. GRUPOS DE CONSENSO : UMA PROPOSTA DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA PARA O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM. **Revista Diálogo Educacional**, v. 4, n. 13, p. 1–17, 2004.
- TORTAJADA-GENARO, L. A. Collaborative Activities for Solving Multi-Step Problems in General Chemistry. v. 4, n. 4, p. 250–259, 2014.
- VAN DE POL, J.; VOLMAN, M.; BEISHUIZEN, J. Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. **Educational Psychology Review**, v. 22, n. 3, p. 271–296, 2010.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. Lev Vygotsky and Pierre Janet: On the origin of the concept of sociogenesis. **Developmental Review**, v. 8, n. 1, p. 52–65, 1988.

VAZ, A. M.; JULIO, J. M.; FARIA, A. F. **A Busca pelo Princípio Zero da Pesquisa em Ensino: O papel de John Dewey na definição de nossos próprios interesses** Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. **Anais...Águas de Lindoia: Sociedade Brasileira de Física**, 2013

VOKOS, S. et al. Student understanding of the wave nature of matter: Diffraction and interference of particles. **American Journal of Physics**, v. 68, n. S1, p. S42, 2000.

VYGOTSKY, L. Fascism in psychoneurology. In: VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. (Eds.). . **The Vygotsky Reader**. 1. ed. Oxford: Blackwell, 1994.

VYGOTSKY, L. Las raíces genéticas del pensamiento y el lenguaje. In: **Obras escogidas - tomo II**. 2. ed. Madrid: ANTONIO MACHADO LIBROS, 2001a. p. 512.

VYGOTSKY, L. Método de investigación. In: **Obras escogidas - tomo III**. 2. ed. Madrid: ANTONIO MACHADO LIBROS, 2001b. p. 45–97.

VYGOTSKY, L. **Historia del desarrollo da las funciones psíquicas superiores (1931)**. 2. ed. Madrid: Antonio Machado Libros, 2001c.

VYGOTSKY, L. **Pensamento e linguagem**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

VYGOTSKY, L. **A formação Social da Mente : O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

WARIN, B.; KOLSKI, C.; SAGAR, M. Framework for the evolution of acquiring knowledge modules to integrate the acquisition of high-level cognitive skills and professional competencies: Principles and case studies. **Computers and Education**, v. 57, n. 2, p. 1595–1614, 2011.

WERTSCH, J. Vygotsky’s Genetic Method. In: **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985a. p. 17–57.

WERTSCH, J. **La mente en acción**. 1. ed. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 1999.

WERTSCH, J.; TULVISTE, P. L. S. Vygotsky e a psicologia evolutiva contemporânea. In: **Uma Introdução a Vygotsky**. São Paulo: Loyola, 2002. p. 61–82.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985b.

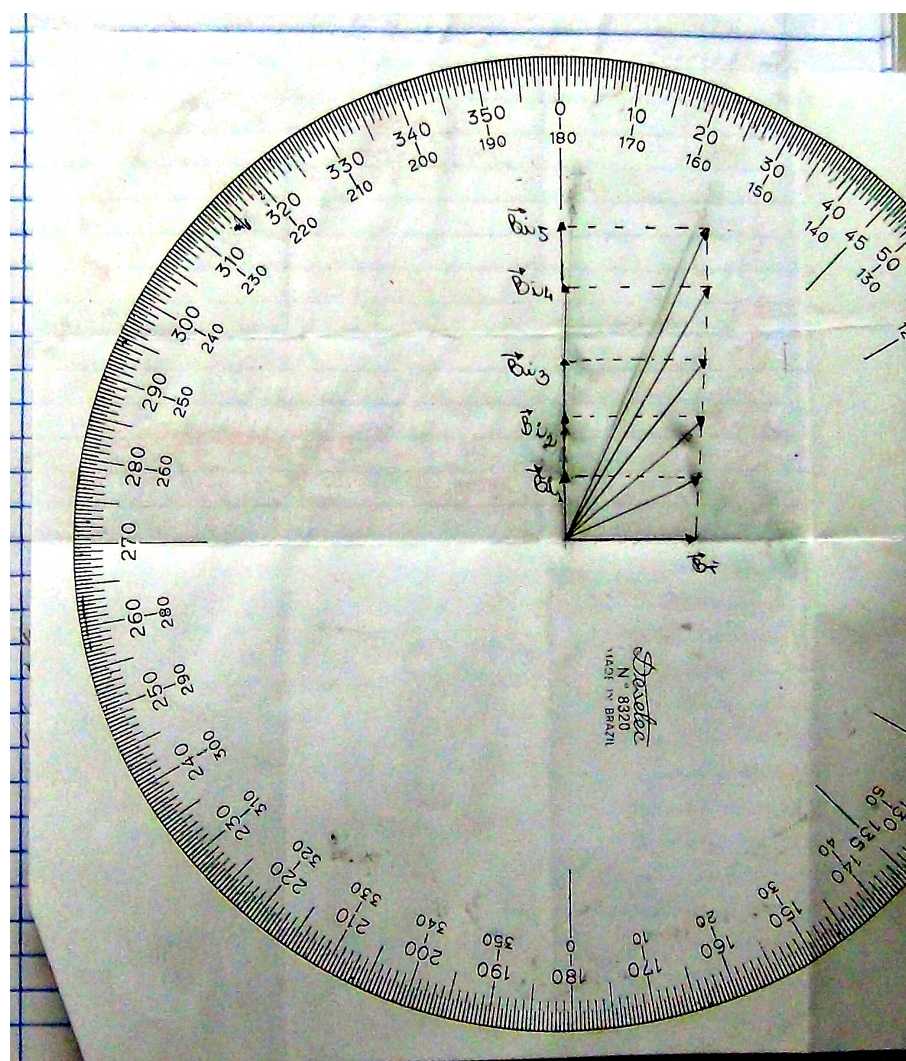
YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III**. 10ª ed. São Paulo: Pearson, 2006.

ZANETIC, J. Dos “Principia” da Mecânica aos “Principia” de Newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, n. Número especial, p. 23–35, 1988.

7. ANEXOS


ANEXO A – DIAGRAMA VETORIAL OBTIDO NA ATIVIDADE LAB08A.

ANEXO A: Diagrama vetorial obtido na atividade LAB08A. Fonte: Registros da pesquisa. Obtido de um caderno de um dos estudantes do grupo H.



ANEXO B – ROTEIRO DO LABORATÓRIO LAB08A.

ANEXO B: Roteiro do Laboratório LAB08A.

	COLÉGIO TÉCNICO ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA E PROFISSIONAL UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	Setor de Física 2º Ano	LAB08 2015
CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE – PARTE I			

AVISOS: Observe a organização, limpeza e visual do material, equipamentos, bancada, cadeiras e piso que você e seu grupo vão usar. Ao final da aula, tudo deve estar em condições melhores do que vocês encontraram.

Materiais

- 10 metros de fio
- 1 fonte de tensão DC
- 1 bússola
- 1 cabo azul com pino banana
- 1 cabo vermelho com pino banana
- 1 conector com garras jacaré
- Suporte de madeira

I – Introdução (Max. 10 minutos)

A agulha de uma bússola possui propriedades magnéticas. Quando isolada de outros efeitos magnéticos, o polo norte da agulha da bússola tende a se orientar para a região próxima ao polo norte geográfico e o polo sul da agulha tende a se orientar para a região próxima ao polo sul geográfico.

Outras fontes de campo magnético são capazes de desviar a bússola da direção em que ela se orienta devido ao campo magnético terrestre. Por exemplo, um fio percorrido por uma corrente elétrica possui essa capacidade, pois as cargas elétricas em movimento geram um campo magnético ao redor do fio.

Sua tarefa nessa aula de laboratório consiste em determinar a relação matemática entre a intensidade do campo magnético no centro de uma bobina retangular e o campo magnético terrestre. Para isso, você deverá articular conhecimentos sobre fontes de campo magnético e sobre vetores.

II – Procedimentos (Max. 50 minutos)

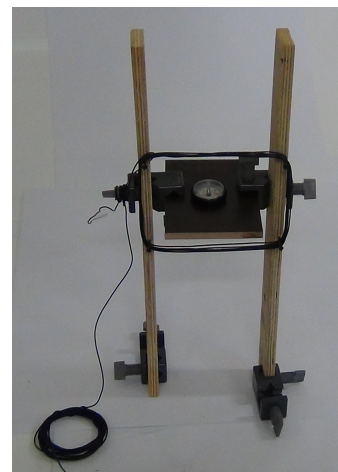
Primeira Parte:

a) Com o fio e o suporte de madeira, produza uma bobina semelhante à da figura ao lado. Coloque a bússola no centro da bobina. Alinhe o suporte em relação ao campo magnético da Terra de modo que a agulha da bússola se oriente no mesmo plano da bobina. Ajuste a fonte de tensão para 2 V e ligue-a aos terminais da bobina através dos conectores com garra jacaré. Observe e descreva o alinhamento da agulha da bússola.

b) Mude a tensão da fonte para 4 V. Torne a observar e a descrever o alinhamento da agulha.

c) Desligue a fonte. Gire a bobina de, aproximadamente, 30°. Religue a fonte. Mais uma vez, observe e descreva o alinhamento da agulha.

d) O que se pode concluir sobre a direção e o sentido do campo magnético produzido pela corrente no centro da bobina.



e) O sentido do vetor campo magnético produzido no centro da bobina está relacionado ao sentido de circulação da corrente na bobina? Se sim, por que podemos pensar assim? Se não, explique o porquê.

Segunda Parte:

a) Produza somente uma espira no suporte de madeira. Coloque a bússola no centro da espira. Confira o alinhamento do suporte para que a agulha da bússola se oriente no mesmo plano da espira. Ajuste a fonte de tensão em 2 V. Ligue a espira à fonte através dos conectores com garra jacaré. Meça o desvio angular da agulha magnética. Inverta o sentido da corrente e, novamente, meça o desvio angular. Faça um diagrama vetorial representando a componente horizontal do campo magnético da Terra, o campo magnético da bobina e o campo magnético resultante. Discuta com os colegas do grupo como fazer esse diagrama.

b) Acrescente espiras uma a uma, formando uma bobina. A cada espira acrescentada, meça o desvio da agulha magnética para os dois sentidos possíveis para a corrente elétrica. Faça novos diagramas vetoriais para cada bobina [espira] acrescentada.

III – Relatório (30 minutos)

Você será avaliado pela qualidade do relatório apresentado. Lembre-se que a estruturação do seu relatório deve ser orientada pelo objetivo da atividade prática desenvolvida: *determinar a relação matemática entre a intensidade do campo magnético no centro de uma bobina retangular e o campo magnético terrestre.*

As questões seguintes poderão ajudá-lo na estruturação das ideias necessárias para elaborar o relatório. Elas não deverão ser respondidas na forma de um questionário. Utilize-as como um apoio para organizar seu pensamento.

- Qual é a direção do campo magnético gerado pela bobina bem no centro dela?
- Qual é a relação entre o sentido de circulação da corrente elétrica na bobina e o sentido do vetor campo magnético no centro dessa bobina?
- Que tipo de relação matemática você percebe haver entre o campo magnético no centro da bobina e a intensidade da corrente elétrica que percorre o fio? Qual evidência que você tem disso?
- Por que o ângulo da agulha da bússola em relação ao plano da espira varia de 0° a, aproximadamente, 90° quando aumentamos gradativamente o número de enrolamentos?
- Em determinada condição, a agulha da bússola pode girar de um ângulo de 45° . Para esse ângulo, o que podemos dizer sobre o módulo campo magnético no centro da bobina e o campo magnético da Terra.
- O objetivo da atividade é obter uma equação matemática que relaciona o campo magnético terrestre com o campo magnético no centro da bobina. Essa equação permite calcular o módulo do vetor campo magnético da Terra no local de realização da experiência? Se pode, por que podemos pensar assim? Se não, o que falta saber para obter esse valor?

Lembre-se que seus dados e resultados devem ser apresentados com clareza e objetividade. Não se esqueça de discuti-los e avaliá-los.

Não perca de vista as estratégias e ferramentas de apresentação de resultados e de análise de dados trabalhadas nas atividades anteriores. Isso ajudará você a fazer uma análise adequada dos dados e a produzir um relatório de boa qualidade.

ANEXO C – RELATÓRIO DA ATIVIDADE LAB08 – GRUPO C

ANEXO C: Relatório da atividade LAB08. Fonte: caderno da estudante Sofia.

4/08/15

Lab 08/2015 - Campo magnético terrestre

Nome: Amanda Matos, Felipe Babilio, Mateus Rodrigues

Turma: 205

INTRODUÇÃO

O campo magnético terrestre é semelhante ao de um ímã retilíneo, porém o sul terrestre corresponde ao norte magnético e o norte terrestre corresponde ao sul magnético. Ou seja, convencionalmente, a ponta vermelha da bússola aponta para o norte terrestre que é, na verdade, o sul magnético, sendo que, se não ocorrer a ação de outros campos magnéticos a agulha pode ser desviada.

Nesta atividade iremos estudar a interferência de campos magnéticos gerados na bobina ligados a uma fonte de tensão e por sua vez, sua orientação da bússola em relação ao campo magnético terrestre.

OBJETIVO

- Determinar a relação matemática entre a intensidade do campo magnético no centro de uma bobina retangular e o campo magnético terrestre.

PROCEDIMENTO E MÉTODOS

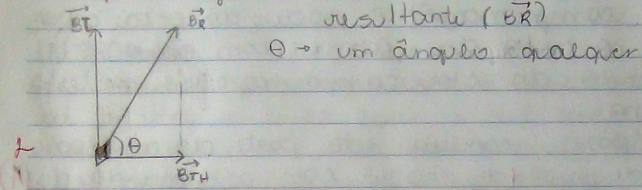
Inicialmente produzimos uma bobina semelhante a que será disposta na tabela para a realização desta atividade. Em seguida ajustamos a tensão para 4V e observamos o alinhamento da agulha. Logo após deslocamos a ponta da espira para

30° em relação a fonte e observamos e registramos o alinhamento da agulha e observamos o seu comportamento e por fim perceberemos um padrão sobre a direção e o sentido do campo magnético produzido pela corrente no centro da bobina, bem como o sentido do vetor campo magnético por esta bobina.

Após concluir esta parte da atividade produzimos dois gráficos com os comandos da segunda parte, montamos uma espira no suporte de madeira e colocamos a bússola no centro da espira além de ajustar o alinhamento do suporte para que a agulha da bússola se orientasse no mesmo plano da espira. Ligamos a espira à fonte através dos conectores com ajuda de um multímetro e desviamos a agulha magnética. Em seguida, invertemos o sentido da corrente e medimos o desvio angular, além de mais acrescentamos espiras uma a uma, formando uma bobina para também medirmos o desvio da agulha magnética para os dois sentidos sentidos da corrente elétrica. Dessa forma coletamos os dados para a realização de um diagrama vetorial representando o componente horizontal do campo magnético da Terra, o campo magnético da bobina e o campo magnético resultante.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

• Relação matemática entre a intensidade do campo magnético da bobina (B_i) e o campo magnético terrestre (B_T) e o campo resultante (B_R)



$\theta \rightarrow$ um ângulo qualquer

• A tangente de θ relaciona o B_T campo magnético terrestre e o campo magnético da bobina sendo B_i , um que B_T possui um valor constante B_i

• Diagrama vetorial representando a componente horizontal do campo magnético terrestre e o campo magnético da bobina, em amarelo

• Tabela 1 - Desvio angular da agulha em dois sentidos, variando a quantidade de espiras

Tensão	Espira	Sentido (i)	ângulo inicial	ângulo final
2V	1	P* → N*	0°	20°
"	1	N → P	0°	-20°
"	2	P → N	0°	34°
"	2	N → P	0°	-31°

1.1.1.1 Positivo N → negativo → sentido

11	3	P → N	0°	47°
"	3	N → P	0°	-47°
"	4	P → N	0°	58°
"	4	N → P	0°	-58°
"	5	P → N	0°	61°
"	5	N → P	0°	-61°
"	6	P → N	0°	61°
"	6	N → P	0°	-61°

CONCLUSÃO

Através dos experimentos realizados podemos concluir que o campo magnético terrestre se apresenta constante em toda o segmento terrestre e influencia em todo campo magnético novo formado nesta área. Observamos também que produzindo uma bobina com fios ligados a uma fonte de tensão é possível gerar um campo magnético, este campo sofre influência do campo magnético terrestre e assim quanto mais fios adicionados a bobina menor é a influência sofrida pela bobina em comparação com a ação do campo da terra.

- (A) até precisa (mas deve) se referir ao rotário no relatório
- (B) Qual das características deste campo?

ANEXO D – ROTEIRO DO LABORATÓRIO LAB09A.

ANEXO D: Roteiro do Laboratório LAB09A.

	COLÉGIO TÉCNICO Universidade Federal de Minas Gerais	Setor de Física 2º Ano	LAB 09/2015
CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE – PARTE II			

AVISOS: Observe a organização, limpeza e visual do material, equipamentos, bancada, cadeiras e piso que você e seu grupo vão usar. Ao final da aula, tudo deve estar em condições melhores do que vocês encontraram.

Materiais

- 1 bobina com bússola acoplada (fig. ao lado)
- 1 fonte de tensão DC
- 1 cabo azul com pino banana/jacaré
- 1 cabo vermelho com pino banana/jacaré

I – Introdução (Max. 10 minutos)

No laboratório 8, seu grupo determinou a relação matemática entre a intensidade do campo magnético no centro de uma bobina retangular e a componente horizontal do campo magnético terrestre. Para tal, vocês se basearam na construção e análise de diagramas vetoriais. Na aula de hoje, daremos sequência ao que foi iniciado naquele laboratório. A montagem é diferente, mas equivalente à que utilizamos.

Trabalharemos com uma bobina que possui uma bússola acoplada a ela, como a mostrada na figura. Essa bússola é posicionada no centro da bobina. Sua agulha não é magnética. Ela está acoplada a um pequeno ímã, perpendicular à agulha. Verifique esse aspecto da construção da bússola com o auxílio de um ímã. Chame o professor em caso de dúvida.



Você deve saber que a intensidade do campo magnético no centro da bobina é diretamente proporcional à corrente que circula pelo fio e ao número de voltas da bobina. A relação matemática entre essas duas grandezas é conhecida e pode ser expressa por:

$$B = \frac{(N \cdot \mu_0 \cdot i)}{2R}$$

onde N representa o número de espiras da bobina, *i* a corrente elétrica, R o raio da bobina e μ_0 é uma constante denominada permeabilidade magnética do vácuo ($\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6}$ T.m/A).

Sua tarefa na aula de hoje consiste em determinar o módulo da componente horizontal do campo magnético terrestre. Para isso, você deverá recorrer à equação do campo magnético no centro da bobina, às ideias discutidas nos laboratórios anteriores e às discussões de classe.

II – Procedimentos (Máx. 60 minutos)

Planeje com os colegas de grupo o quê medir e como medir, tendo em vista o objetivo da atividade. Desenhe um diagrama indicando como os materiais serão ligados. Identifique

todos os elementos desse diagrama. Redija um texto objetivo que descreva e justifique sua opção de montagem. Descreva também o processo de coleta de dados.

Em seu planejamento, lembre-se dos conceitos e ideias discutidos no laboratório anterior. Lembre-se, também, que você já aprendeu como apresentar seus dados e a utilizar algumas ferramentas de análise de dados.

Ao terminar essa fase de planejamento, chame o professor para discutir sua proposta de montagem. **NÃO LIGUE O CIRCUITO SEM QUE O PROFESSOR TENHA CONFERIDO AS LIGAÇÕES.**

III – Preparação do Relatório (20 minutos)


Você será avaliado pela qualidade do relatório apresentado. Lembre-se que a estruturação do seu relatório deve ser orientada pelo objetivo da atividade prática desenvolvida: *determinar o módulo da componente horizontal do campo magnético terrestre.*

Não perca de vista as estratégias e ferramentas de análise de dados e de apresentação de resultados trabalhadas nas atividades anteriores. Isso ajudará você a produzir um relatório de boa qualidade.

Atenção para a estrutura do seu relatório! Cuidado, sobretudo, com a conclusão. Nesta seção você deverá retomar os resultados encontrados, avaliá-los e criticá-los com base em algum valor de referência.

ANEXO E – ATIVIDADE DE CLASSE – TUTORIAL 7.

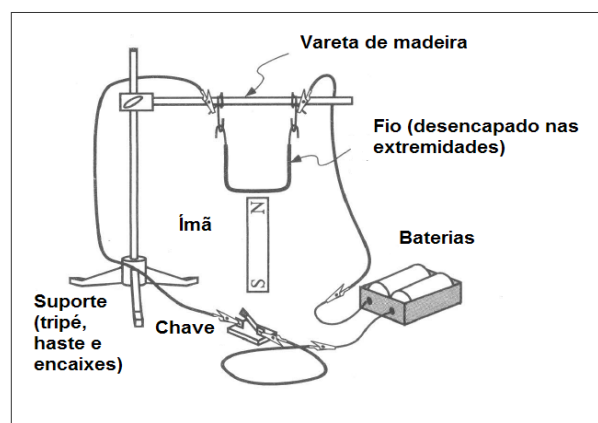
ANEXO E: Tutorial 7 – Interações Magnéticas

	COLÉGIO TÉCNICO ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA E PROFISSIONAL UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	Sector de Física 2º ano	TUTORIAL 07
---	--	--	--------------------

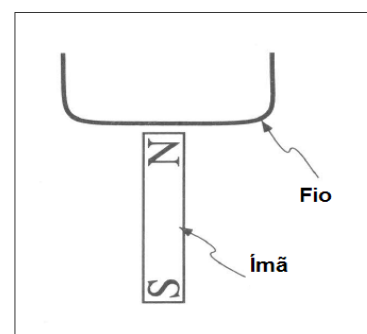
PARTE I – Interações Magnéticas

I. Força magnética sobre um fio percorrido por uma corrente quando inserido num campo magnético.

Obtenha com o professor os equipamentos necessários para reproduzir a montagem da figura. Ao pendurar o fio desencapado nos cliques de papel, certifique-se de que o fio pode balançar livremente. **NÃO É SEGURO** fechar a chave sem ser solicitado a fazê-lo!



A. Sobre o **diagrama ampliado** da figura ao lado, esboce linhas de campo para representar o campo magnético do ímã em forma de barra tanto em pontos externos quanto em pontos internos ao ímã. Ao fazer o esboço, considere a orientação das linhas de campo que saem do polo norte em relação à porção do fio próximo a esse polo. Marque, no diagrama, o sentido da corrente que percorrerá o fio quando a chave for fechada.



Preveja: Quando a chave for fechada, haverá alguma interação entre o fio e o ímã? Caso sua resposta seja “sim”, como você representaria essa interação? Explique seu raciocínio. Verifique sua previsão. (Não deixe a chave fechada por mais que três segundos)

B. Faça previsões para as próximas quatro situações com base no que você observou na parte A. Inicie as observações somente após você ter feito todas as quatro previsões.

1. O ímã é posicionado de maneira que o polo sul fica próximo ao fio enquanto a chave está fechada e uma corrente percorre o fio.

Previsão:

Observação:

2. Os terminais da pilha são invertidos. (Considere as duas possíveis orientações do ímã)

Previsão:

Observação:

3. Com a chave do circuito fechada, o polo norte do ímã é mantido: (a) mais próximo do fio, (b) mais longe do fio.

Previsão:

Observação:

4. O ímã é virado de maneira que fique paralelo ao fio enquanto a chave está fechada.

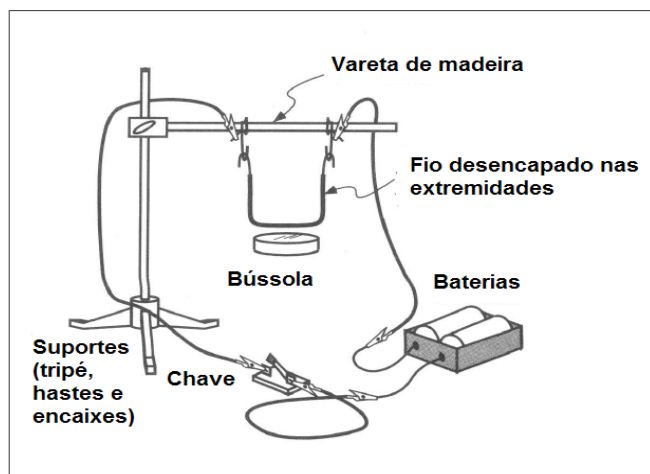
Previsão:

Observação:

PARTE II – Campo magnético de um fio percorrido por uma corrente.

A. Suponha que você coloque um ímã pequeno que pode girar livremente em uma região em que há campo magnético. Qual será a orientação desse pequeno ímã em relação às linhas externas de campo magnético? Faça um esboço que ilustre sua resposta.

B. Suponha que você segure uma bússola magnética próxima a um fio percorrido por uma corrente como mostra a figura (uma *bússola magnética* é um ímã que pode girar livremente). A face da bússola está paralela ao tampo da mesa.



1. *Preveja*: A orientação da agulha da bússola quando a chave for fechada. Esboce um diagrama que mostre: a orientação prevista para a agulha da bússola; o fio; o sentido da corrente através dele; a direção e o sentido do vetor campo magnético imediatamente abaixo do fio.

2. Confira sua resposta. A deflexão da bússola foi exatamente aquela que você previu? Em caso negativo, verifique se você considerou todos os campos magnéticos que determinam a orientação da bússola. Nesse caso, represente todos os vetores campo magnético que atuam no ponto em que a bússola foi colocada para tentar solucionar a divergência entre o que você previu e o que você observou.

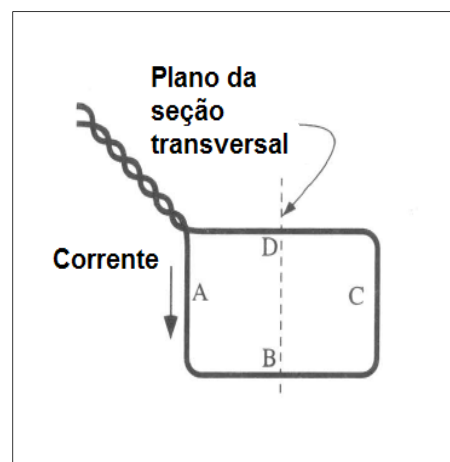
C. Agora, suponha que você segure a bússola em algumas outras posições em torno do fio (por exemplo, logo acima do segmento horizontal do fio ou logo ao lado do segmento vertical do fio). Para cada posição que escolher, *preveja* a orientação da agulha da bússola quando a chave estiver fechada. Faça esboços para ilustrar suas previsões. Verifique suas respostas. Se a orientação da agulha da bússola não for aquela que você previu, tente interpretar a divergência entre previsão e observação.

D. Esboce as linhas de campo magnético de um fio percorrido por uma corrente. Inclua em seu esboço o sentido da corrente no fio.

PARTE III – Campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em uma espira retangular e em solenoides

A. Com um fio condutor, montou-se uma espira retangular que se fechou ao se trançarem as extremidades do fio. Vamos chamar os lados da espira de A, B, C e D. Quando há uma DDP²⁶ entre essas extremidades, uma corrente circula no sentido indicado.

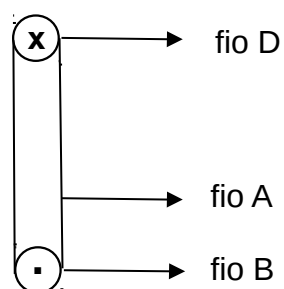
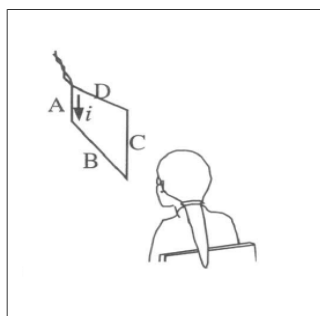
1. Esboce as linhas de campo magnético, na vista frontal da espira (ao lado) e no desenho da seção transversal da espira (abaixo). Use seus conhecimentos sobre campo magnético gerado por corrente elétrica que percorre um fio.



Explique por que é razoável ignorar o efeito do campo magnético produzido nas extremidades que foram trançadas.

²⁶ Diferença de Potencial Elétrico

Seção transversal da espira, observada a partir do lado C, conforme figura abaixo.

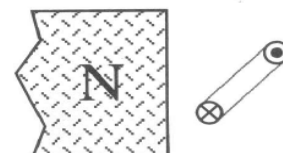


2. Considere o campo magnético de um ímã em forma de barra.

Quais são as semelhanças entre as linhas do campo magnético produzido por uma espira e as linhas de campo magnético de um pequeno ímã de barra? Mostre essas semelhanças, esboçando as linhas de campo de um ímã em barra e as de uma espira.

Você é capaz de identificar o polo “norte” e o polo “sul” magnético em uma espira de corrente? Identifique os “polos” da espira acima

Estabeleça uma regra com a qual você possa usar uma de suas mãos para identificar os polos magnéticos de uma espira, se souber o sentido da corrente.



B. Uma pequena espira de corrente é colocada perto do polo norte de um grande ímã como mostra a figura. (A espira foi desenhada em corte transversal, e utiliza o símbolo \odot para indicar uma corrente saindo dessa página e o símbolo \otimes para indicar uma corrente entrando na página).

1. Desenhe vetores para representar as forças magnéticas em cada lado da espira. Qual é o efeito que resulta da ação dessas forças magnéticas sobre a espira?



2. Suponha que a espira fosse colocada na posição mostrada.

Agora, qual é o efeito que resulta da ação das forças magnéticas sobre a espira?

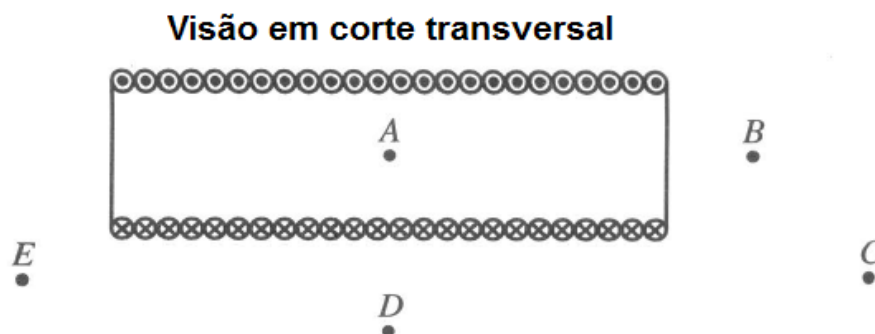


3. Existe uma orientação para a qual não há torque na espira condutora?

Represente, na figura, uma posição da espira que ilustre sua resposta.

4. Os resultados acima são consistentes com uma possível substituição da espira condutora por um pequeno ímã de barra? Dê nomes aos polos das espiras de corrente nos diagramas acima e confira sua resposta. Se quiser use o espaço abaixo para refazer os desenhos.

C. Um solenoide consiste em um fio condutor que foi enrolado várias vezes, de modo que cada espira produzida se posiciona paralelamente às demais²⁷. No solenoide abaixo, a corrente em cada espira é a mesma e a percorre no sentido indicado.



1. Use o princípio da superposição e desenhe numa cópia ampliada da figura com **caneta azul**, em cada um dos pontos A, B, C, D e E, um vetor que indique a direção/sentido **e também** a intensidade relativa do campo magnético naquele ponto.

2. Esboce, com **lápiz preto** ou **caneta vermelha**, as linhas do campo magnético criado pelo solenoide.

Descreva o campo magnético próximo ao centro do solenoide.

3. Compare as características do campo magnético criado pela corrente do solenoide nos pontos A e E com as características do campo de um ímã em barra (tanto em pontos internos, quanto em pontos externos ao ímã).

Qual das extremidades do solenoide corresponde ao polo norte? E ao polo sul?

4. Como o campo magnético do solenoide em qualquer dos pontos indicados seria afetado pelas alterações a seguir? Explique seu raciocínio em cada caso.

- A corrente através de cada bobina do solenoide é dobrada.
- O número de espiras por unidade de comprimento do solenoide é dobrada, mantendo-se a mesma corrente em cada espira.

²⁷ O solenoide parece uma bobina. Porém, um solenoide é formado por um único fio enrolado ao longo de um corpo uniforme, tal como um cilindro, e se distingue de uma bobina, por não haver espiras enroladas umas sobre as outras.

8. APÊNDICES

APÊNDICE A – EPISÓDIO CENTRAL – CENÁRIO – GRUPO C

APÊNDICE A: **Cenário:** (quadros 4.7, pág. 131 e, respectivamente) Os estudantes se reúnem para elaborar o relatório da atividade ocorrida na semana anterior (LAB08A). É uma aula de 100 min. O professor não fica na sala de aula. Ele acompanha a outra subturma. Na preleção, ele reproduz no quadro o diagrama que representa a superposição entre os dois campos magnéticos, por meio do qual, eles deram prosseguimento ao objetivo iniciado na aula anterior, de deduzir a relação matemática que representa essa superposição. As atitudes dos estudantes do grupo C demonstram que eles estão agindo sem clareza do objetivo da atividade. Enquanto Pedro demonstra ter consciência de que o diagrama que ele propôs está correto (conforme veremos na discussão do episódio anterior a este), Sofia se apega ao argumento da autoridade do professor, representada pelo diagrama “correto”.

Registros da aula do dia 14/08/2015: Segmento: 20:50 a 23:39 (C-04-agosto-15-LAB08B-1.mp4); segmento: 00:30 a 01:31 (C-04-agosto-15-LAB08B-3.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: O diagrama vetorial obtido na atividade prática LAB08A, é um artefato primário, situado no plano imediato. As relações trigonométricas no triângulo retângulo são os artefatos secundários, situados no plano mediato, com os quais eles devem construir um novo artefato específico, que é o objetivo desta atividade: a relação matemática que representa a superposição entre os dois campos magnéticos.

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
21:32 a 22:22 VÍDEO 1	Professor	Uma das coisas importantes... E aí eu serei bem explícito... qual relação trigonométrica que relaciona este campo, que é o campo magnético terrestre, com o campo gerado pela bobina?	
	Professor	Isso é importante que vocês pensem, não só para o relatório, mas também para a próxima atividade.	Se referindo ao LAB09, que será na próxima aula.
	Sofia	Tangente...	O grupo acompanha atentamente a preleção, mas não se manifesta.
	Sofia	É, uai. A relação do seno e cosseno é tangente... Mas qual vai ser esse ângulo?	Se dirigindo ao seu grupo enquanto acena para o professor. Ele vai até o grupo.
22:55 a 23:39 VÍDEO 1	Sofia	Professor, como a gente vai saber o ângulo? A gente já vai saber o ângulo certinho?	
	Professor	Você mediram o ângulo, não mediram?	
	Sofia	Mas a gente mediu várias vezes.	
	Professor	Sim, mas o ângulo aqui é genérico, teta, porque ele pode assumir	

		vários valores.	
	Sofia	Então, a gente vai usar a relação de tangente e pegar um valor aqui, qualquer, e calcular a tangente?	
	Professor	Não, vocês não têm que fazer conta nenhuma nesse relatório.	
	Sofia	A gente só tem que explicitar qual a relação matemática...	
	Professor	Na aula que vem, vocês vão usar essa relação para determinar o valor do campo.	O professor se retira.
23:40 a 30:57 VÍDEO 1	Falam sobre outros assuntos, brincam, falam sobre o colega que está ausente, em um programa de intercâmbio; voltam a falar sobre a estrutura do relatório.		
00:00 a 01:30 VÍDEO 3	Sofia	É seno sobre cosseno, não é? Isso mesmo.	Uso de artefato cultural secundário.
	Pedro	O oposto sobre adjacente.	
	Sofia	Vou colocar assim? “Onde teta representa um ângulo qualquer...”	
	Pedro	Ahan, o que você quer que eu faça agora?	
	Sofia	Como é que a gente vai explicar a relação matemática? Eu vou colocar: “A relação matemática que relaciona...” É assim?	Sofia quer uma ajuda direta para compor o texto. É a pressão da avaliação. Ela pede ajuda, mas não quer uma explicação. A resposta esperada é uma declaração explícita.
	Pedro	A tangente de teta vai ser igual à razão entre o B_T dividido pelo B_I ... Só que eu te recomendo trocar esses dois.	Ele olha para o quadro e se volta apontando para o diagrama no caderno da Sofia.
	Sofia	Porque?	
	Pedro	Porque o nosso ficou assim. O nosso é o B_T que ficou na vertical.	Comentamos no texto que o diagrama original, proposto pelo Pedro, estava correto. A diferença com o diagrama do professor, é que o professor trabalhou em seu modelo com a corrente elétrica em sentido oposto ao que o grupo C utilizou.
	Sofia	Mas então pode apagar aqui também, né? ... < Não, não pode não!	Ela aponta para um papel que está sobre a mesa, provavelmente um rascunho do diagrama vetorial. Mas se arrepende da sugestão. Eles negam em conjunto. Parece que Sofia percebe que há algo incoerente no diagrama, mas se mostra insegura diante da segurança que o colega mostra.
Pedro	< Não.		

APÊNDICE B – EPISÓDIO CENTRAL – EVENTOS DE INFLEXÃO E PROCESSOS DE REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL – GRUPO C

APÊNDICE B: **Eventos de inflexão e processos de redescrição representacional:** Transcrição completa: (quadros 4.8, pág. 134, e 4.9, pág. 138) – Sofia provoca uma interrupção no fluxo da ação. Ela questiona a interpretação do Pedro acerca do campo magnético da bobina. Essa ação da Sofia vai desencadear vários processos de redescrição representacional. A discussão fica centralizada entre o Pedro e a Sofia, com pouca contribuição do Caio. Todo esse segmento está repleto de eventos de inflexão e processos de redescrição representacional.

Registros da aula do dia 14/08/2015: Segmento: 18:05 a 20:02 (C-04-agosto-15-LAB08B-3.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial, obtido na atividade prática LAB08A; artefato secundário: relações trigonométricas no triângulo retângulo.

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
18:00 a 20:02 VÍDEO 3	Sofia	Pedro! Aqui... não é maior, não? Porque, quanto mais bobinas a gente for colocando...	O que eles estão chamando de “bobina” é, na verdade, espira. Sofia está conduzindo seu raciocínio por um caminho correto; quanto maior o número de espiras maior será a intensidade do campo magnético gerado por ela.
	Pedro	< ... menor a interferência.	
	Caio	< Não, está diminuindo.	
	Sofia	Mas os graus aqui estão aumentando... vai de 0 a 47, o outro vai de 0 a 20...	Se refere à tabela, anotada no caderno, junto com o diagrama vetorial.
	Pedro	Presta atenção aqui, oh. Andou o primeiro, andou muito, não foi? Depois andou um pouquinho menos, aí depois andou mais...	Redescrição representacional – Pedro se refere ao aumento gradativo no desvio angular sofrido pela agulha da bússola quando se acrescenta espiras na bobina. Ele desenha um esboço do diagrama vetorial para auxiliar sua argumentação no plano externo. No plano interno, essa ação ajuda-o a redescrever sua representação do problema.
	Sofia	Mas, em relação ao outro, né? Porque em relação ao estágio inicial, não. Então você tem que falar...	Sofia está sugerindo uma referência para comparação. Ela tem razão porque está se referindo ao fato de que o campo da bobina, B_i , aumenta quando o número de espiras aumenta. Essa conclusão é verdadeira, mesmo se considerarmos o diagrama incorreto da Sofia (ilustração 4.6b, pág. 136).
	Pedro	Eu falei foi isso mesmo, oh. “Em comparação com a força do campo da mesma”.	Lendo o que havia escrito.

Sofia	Não, mas em relação ao anterior, porque, igual, a variação daqui pra cá foi pequena, mas em relação do inicial pra esse, foi grande...	Sofia não consegue formular uma explicação alternativa e acaba aceitando a sugestão dos termos “mesma”, do Pedro. (imagemDSC01979(conclusão do relatório))
Pedro	“Quanto mais fios adicionados à bobina, menor é a interferência sofrida pela bobina em comparação com a força do campo magnético da mesma”.	Ele lê o que escreveu. A participação da Sofia exige que o Pedro execute um processo de redescrição representacional em busca de um novo sentido para fundamentar sua explicação.
Pedro	Quanto mais fios adicionados... tipo assim, se eu tenho um fio lá, vou sofrer uma interferência; se eu colocar dez fios, vou ter uma interferência menor, em comparação com o campo da...	Expressão de dúvida. Procura melhorar seu argumento, associando um exemplo numérico que acredita poder facilitar a compreensão.
Sofia	Em comparação com o campo do quê?	
Pedro	Com o campo dela.	
Sofia	Da mesma, no caso é a bobina, não é? Da agulha, né?	
Pedro	Não, não, da bobina... É, da agulha.	Ele parece ter consciência de que seu raciocínio está correto, mas seu processo de redescrição representacional da situação ainda não atingiu o nível de abstração necessário para produzir explicações automáticas da situação. Ele percebe que seu argumento ainda não convenceu a colega.
Sofia	Então tem que colocar. Não é da mesma, é da agulha.	
Pedro	É que a agulha mede o campo da... da mesma, entendeu? Você tem lá um fio que exerce um campo 10, agora eu vou colocar mais nove. Agora eu tenho 10 fios e um campo 100. O campo 10 exerce uma interferência de 4 da Terra, o campo 100 também exerce uma interferência de 4, porque o da Terra é constante, entendeu? É por isso.	Notemos que Pedro encontra outra forma de mostrar seu raciocínio, embora notemos que ele usa o termo “exerce” quando deveria dizer “sofre”. A superposição entre os campos é recíproca, mas fica subentendido que o desvio sofrido pela agulha é cada vez menor.
Sofia	A interferência é menor.	
Pedro	A interferência é menor.	
Sofia	Então no caso, é “na agulha”, aqui, não é?	Sofia ainda não se convenceu. Ela quer mudar o trecho do relatório no qual esta ideia é mencionada.
Pedro	A agulha só vai medir o campo... é a mesma. É a mesma coisa!	

APÊNDICE C – EPISÓDIO ANTERIOR AO EPISÓDIO CENTRAL – CENÁRIO – GRUPO C

APÊNDICE C: **Cenário:** Transcrição completa; refere-se ao quadro 4.10, pág. 141 (Aula de laboratório do dia 14/07/15 – LAB08A) – Campo magnético terrestre – parte I. O professor conduziu a aula até que os estudantes chegassem a uma questão do roteiro que dizia respeito ao diagrama vetorial. Quando os estudantes se preparam para respondê-la, o professor interrompe a atividade para fazer uma plenária sobre o diagrama vetorial. Neste segmento, ele discute com os estudantes questões fundamentais sobre a representação vetorial dos campos magnéticos e constrói o diagrama vetorial com a participação da subturma. O principal fato que ele está chamando a atenção dos estudantes é que a orientação da bússola não segue a orientação do vetor campo magnético da bobina (perpendicular ao plano da bobina) nem a orientação do campo da Terra.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 26:30 a 27:15 (C-14-julho-15-LAB08A-2.mp4); Segmento: 00:00 a 01:52 (C-14-julho-15-LAB08A-3.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial para o estudo da superposição entre campos magnéticos (Ilustração 4.9); artefato secundário: conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (Ilustração 4.7).

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
26:30 a 27:15 VÍDEO 1	Professor	Naquele ponto central, bem no centro mesmo... Bem aqui no meio, eu tenho um campo magnético que pode ser representado por um vetor. Esse vetor vai ter uma orientação, que vocês já me falaram, perpendicular ao plano da espira, não é isso? Só que vocês também viram que a agulha da bússola não ficava alinhada com um ângulo de 90° com o plano da espira. O motivo foi qual?	O professor pega uma folha A4 para simular o plano que contém a bobina (ver ilustração 4.13). Ele chama a atenção para o fato de que o campo magnético produzido pela corrente elétrica não está apenas no interior da bobina, mas também do “lado de fora” da bobina.
	Sofia Outrem	Interferência do campo magnético da Terra. Depende da intensidade....	Os estudantes, entre eles Sofia, respondem que isso se deve à presença do campo magnético da Terra. Aqui registramos a origem do termo “interferência” que os estudantes vão utilizar no relatório final.
00:13 a 01:43 VÍDEO 2	Professor	Mas a gente viu que independente da intensidade, ele não ficava 90° [com o plano da bobina], porque tem o campo da Terra. O campo gerado pela corrente tinha uma orientação que era 90° com o plano da bobina, e além desse vetor, que é o campo gerado pela corrente, tem o campo magnético terrestre.	O professor insiste em ressaltar a direção dos vetores envolvidos.
	Outrem	Campo resultante.	
	Professor	Aí você está falando do resultante, eu estou falando do campo da Terra mesmo. Pra onde que o da Terra aponta?	O professor insiste na direção dos dois vetores, o do campo da bobina e o do campo da Terra.

Sofia e outrem	Pra lá.	Ela e outros estudantes, de outros grupos, apontam a direção do campo da Terra.
Professor	Pra lá, não é? Eles formam quantos graus?	
Sofia e outrem	Noventa.	
Professor	Noventa. Forma 90° é porque eu escolhi que fosse assim, ou é sempre assim?	
Outrem	Você escolheu que fosse assim.	
Sofia e outrem	É sempre assim.	Sofia revela novamente alguma insegurança conceitual. Esse evento microgenético é importante pois revela que orquestração de vários conceitos cria alguma dificuldade para Sofia.
Professor	Eu escolhi. O que tem no roteiro que mostra que eu fiz essa escolha?	
Outrem	Mandar alinhar...	
Professor	Mandar alinhar o plano da bobina na direção norte-sul. Então, isso foi proposital. Tanto que depois é pedido a vocês deslocarem [a bobina em torno do seu eixo de simetria vertical] de 30° , não é?	
Vários	Ahan.	
Professor	Aí essa relação muda um pouco... Porque isso aqui continua pra cá [referindo-se ao vetor campo magnético da Terra] e esse aqui... [mostra o ângulo entre os dois vetores não é mais 90°]. Então, inicialmente... a montagem original tem 90° .	Ele vai ao quadro para desenhar o diagrama.

APÊNDICE D – EPISÓDIO ANTERIOR AO EPISÓDIO CENTRAL – EVENTO DE INFLEXÃO – GRUPO C

APÊNDICE D: **Evento de Inflexão:** Transcrição completa (refere-se ao evento registrado no quadro 4.11, pág.144) – O segmento destacado abaixo se caracteriza por um evento em que Sofia coloca em dúvida a decisão do Pedro de fazer um diagrama diferente daquele proposto pelo professor. Embora os argumentos do Pedro pareçam fazer sentido para Sofia, ela não se deixa convencer, uma vez que o diagrama proposto pelo professor incorpora o argumento da autoridade. É um evento claro em que ocorre um conflito de perspectivas, ambas corretas. Todos os turnos desse evento são importantes, mas destacamos o turno 62 como aquele em que esse conflito se expõe de forma mais contundente. Pedro segue sustentando sua posição, mas decide chamar o professor para dirimir alguma dúvida. Enquanto isso, a preocupação do Caio se volta para o roteiro. Ele parece alheio à discussão.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 04:53 a 06:29 (C-14-julho-15-LAB08A-4.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial para o estudo da superposição entre campos magnéticos (Ilustração 4.9); Artefatos secundários: relações trigonométricas no triângulo retângulo, conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (Ilustração 4.7). Este dispositivo foi desenvolvido pelos professores da coordenação de Física do segundo ano.

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
04:53 a 06:29	Sofia	A resultante dele tá aqui, né Pedro? Pelo que eu estou vendo... né? É aqui, né Pedro?	Ela coloca um lápis sobre o diagrama, posicionando-o, perpendicular ao eixo vertical do diagrama, o que está incorreto. Pedro balança a cabeça negativamente.
	Sofia	Você está colocando esse trem aqui?! Porquê?	Sofia percebe que a maneira que Pedro está fazendo o diagrama não está correta. Apesar da insegurança conceitual demonstrada por Sofia, ela força o Pedro a redescrever suas representações para formular seus argumentos.
	Pedro	Porque, se você pensar assim, a força da Terra vai diminuindo, com relação ao círculo. Mas aqui, tá pequenininha aqui. Mas, não é isso, não. A força da Terra continua grande.	Ele sorri diante da “dificuldade” da colega.
	Sofia	Pedro, mas você tem que decompor o negócio. O negócio... a resultante dele é isso e isso... Porque a interação dele... é porque...	Ela aponta para os vetores no desenho do Pedro. A fala da Sofia faz o Pedro pensar. Ele olha para o desenho. (Interrupção do fluxo da ação). Sofia insiste em colocar o B_T na horizontal, como no diagrama do professor. Pedro presta bastante atenção no que Sofia está sugerindo.
	Sofia	É, mas tem um detalhe... se for olhar assim pro negócio, a da Terra sempre vai mudar, né? Mas, a da Terra é essa daqui, Pedro, oh!	Sofia percebe que sua proposta está inconsistente com o fato de que o vetor que representa a componente horizontal do campo magnético da Terra deve ter valor constante, ou seja, o seu tamanho no desenho não pode variar. Reconhecimento de erro cometido.

		O Pedro está mostrando, mas a seguir, ela volta para a segurança de aceitar o diagrama do professor. De qualquer forma, a discussão com a Sofia leva o Pedro a buscar argumentos para reforçar sua proposta.
Pedro	Eu acho que a gente tem que puxar esse aqui até aqui, oh. Fazer uma linha que tangenciasse aqui, oh.	
Caio	É mais fácil você diminuir essa daí!	Única participação do Caio nesse segmento.
Sofia	Pedro, olha aqui. Essa aqui não muda mesmo, essa daqui que permanece a mesma, olha lá!	Ela aponta para o diagrama do Pedro, contrastando-o com o diagrama do professor. Ela não entende porque o Pedro começa a fazer um diagrama com o vetor campo magnético da bobina com orientação diferente do desenho do professor. Fisicamente está correto também.
Pedro	Não...	
Sofia	Da Terra que é o B_T ... Olha lá... olha lá! Olha lá! ... da Terra, que é o B_T , e o B_I que varia!	Evidência da emergência de perspectivas diferentes. Sofia aponta para o quadro, toca insistentemente o braço do Pedro, insistindo para que Pedro olhe para o quadro. Pedro se vira para olhar para o quadro.
Pedro	O B_T é esse, oh!	Sofia não está concordando com o Pedro, porque o diagrama que ele está propondo, está diferente daquele que o professor desenhou no quadro, o que não significa que está errado. Sofia ainda não percebeu isso. Não temos o diagrama que o grupo executou, mas pela análise do vídeo, aliado ao conhecimento que temos do material é possível inferir que o diagrama que ele propões é como representamos na ilustração 4.12b, pág.148. Comparando com a ilustração 4.12a, verifica-se a inversão da posição entre os vetores B_I e B_T .
Sofia	Não, uai! Por que é esse?!	Essa fala da Sofia é uma manifestação espontânea de uma dificuldade relacionada ao uso do diagrama vetorial. É uma interposição que interrompe o fluxo das ações do grupo. Por isso se constitui como evento de inflexão.
Pedro	Porque... o campo norte da Terra não tá pra cá?	Pedro sorri de modo irônico. Ele aponta para o diagrama onde ele está desenhando os vetores. Ele gira a folha A4, de modo que o vetor campo magnético da Terra, desenhado no diagrama, coincida com a posição "real" do campo magnético. Em seguida ele aponta para a bobina para justificar seu argumento. Ver ilustração 4.8. Diferente dos colegas, Pedro parece ter uma boa percepção espacial.
Sofia	Tá.	

Pedro	Essa aqui... a gente tomou como base o da Terra.	
Sofia	É. Tá certo.	
Pedro	A gente posicionou a espira nesse sentido. Que aí a interferência dá pra cá ou pra cá. Foi isso que aconteceu. Então esse aqui é o da Terra... Deixa eu perguntar isso pro professor...	
Sofia	Ele acabou de sair da sala.	

APÊNDICE E – EPISÓDIO ANTERIOR AO EPISÓDIO CENTRAL – PROCESSO DE REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL – GRUPO C

APÊNDICE E: **Processo de redescrição representacional:** Transcrição completa do evento descrito no quadro 4.12, pág. 149 – O professor retorna ao grupo. Sofia claramente ainda não compreendeu a construção do diagrama vetorial. Ela diz claramente que não entendeu. O professor diz à Sofia que ela não pode sair sem entender. Caio contribui com a explicação. O processo de redescrição representacional que destacamos é a participação do Caio, que embora não seja muito clara, mostra que mesmo tendo uma participação discreta, ele contribui com a cognição compartilhada. Ainda assim, este evento não deixa claro que Sofia tenha compreendido satisfatoriamente a potencialidade do artefato em uso.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 20:48 a 23:25 C-14-julho-15-LAB08A-4.mp4

Principais artefatos culturais em uso: Artefato cultural primário: diagramas vetoriais para o estudo da superposição entre campos magnéticos (ilustração 4.13); artefato secundário: conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (ilustração 4.7).

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
20:48 a 23:25	Professor	Ah, agora sim!	O professor volta novamente ao grupo e confirma que o diagrama está correto. Ele fala para Sofia que ela não pode sair sem ter entendido. O professor pede que Pedro explique para Sofia.
	Sofia	Me explica, Pedro.	
	Pedro	Pera aí. Deixa eu acabar isso aqui... Mas, o que você está em dúvida?	Ele termina o diagrama e se dirige à Sofia.
	Sofia	Porque que você diminuiu esse negócio tudo?	Sofia reconhece que não entendeu ainda o que foi feito. Sofia está se referindo ao fato de que, no diagrama múltiplo, a resultante está diminuindo (ilustração 4.13b, pág. 150).
	Pedro	Porque aqui é o da Terra, não é? Deixa eu destacar ele aqui... Beleza. Esse aqui é o da Terra. E aqui, são as forças resultantes. Como é que você acha o vetor? Não é a resultante? Se um vetor vem o máximo pra cima nesse ponto, não tem como a resultante ultrapassar esse ponto.	
	Sofia	É por isso que você diminui tudo?	
	Pedro	< É a mesma coisa que você pensar assim, oh... A resultante vem até aqui. Não tem como!	

Caio	< Isso. É a questão da decomposição de vetores, Sofia. Aí é matemática. Quando a gente vai decompor um vetor, a gente tem que colocar... tipo assim, ele tem que ficar paralelo tanto com o eixo y quanto com o eixo x, certinho... Pra ele ficar paralelo com o eixo y, os dois têm que ter a mesma altura, ou o y pode ser até maior, mas o y nunca pode ser menor que a força resultante, e estava menor, entende? Por isso que o professor falou!	Redescrição representacional. Sofia escuta tudo atentamente, mas parece que ela ainda não compreendeu completamente. A explicação do Caio é um pouco confusa. Além disso ela está errada. Não é possível saber se o erro se deve apenas a uma dificuldade de comunicação ou se o conhecimento do Caio é falho.
Sofia	Mas porque ele [o professor] estava falando que o sentido não muda. O sentido muda sim!	Ela se refere ao fato de que o professor havia chamado a atenção do Pedro, sobre a direção do vetor campo magnético da bobina, que, de fato, não muda. Ele é sempre perpendicular ao plano da bobina. Portanto no diagrama, o vetor que o representa deve ficar sempre na mesma direção, e neste caso, é perpendicular ao campo magnético da Terra. A intensidade dele (B_I) muda proporcionalmente ao número de espiras, mas a direção continua perpendicular ao plano da bobina. O que muda no experimento, é a direção do campo resultante (B_R), não do B_I .
Pedro	Qual sentido? De quê?	
Sofia	Daqui, oh! Porque ele falou que o sentido não muda! O sentido muda, sim!	
Pedro	Não, não... Ele estava falando que o sentido... É porque aqui estava escrito B_I . Aqui não é o B_I aqui é a resultante... A B_I , da bobina, é aqui, oh... embaixo... é porque eu invertei esse com esse.	Pedro estava fazendo o diagrama de forma errada, até a intervenção do professor— incluir esta passagem no cenário ou no evento de inflexão; acho que na inflexão é mais conveniente.
Sofia	B_I é o quê? A corrente?	
Pedro	Não, não... é a bobina.	
Sofia	Quantidade de bobina?	
Pedro	É. Uma bobina, duas bobinas, três bobinas...	
Sofia	Ah. O sentido da corrente não muda. É isso que ele estava falando?	O sentido da corrente não muda, de fato. Mas, não dá para saber se Sofia se refere à corrente, propriamente, ou se ela quer se referir ao sentido do campo produzido pela corrente. Pedro meneia a cabeça, concordando.

APÊNDICE F – EPISÓDIO POSTERIOR AO EPISÓDIO CENTRAL – CENÁRIO – GRUPO C

APÊNDICE F: **Cenário:** Transcrição completa do evento registrado no quadro 4.13, pág. 153: Enquanto o professor falava sobre a atividade anterior, Pedro tomava a iniciativa de posicionar a bússola para a realização da atividade. Repetindo o professor, Pedro se refere explicitamente à posição da bobina como sendo a mesma da bobina usada na aula anterior, no laboratório (LAB08). Aquela atividade foi planejada pela equipe de professores da coordenação do segundo ano e intencionalmente realizada antes desta, como uma introdução ao problema de medição indireta de campos magnéticos.

Registros da aula do dia 11/08/2015: Segmento: 29:05 a 30:10 (C-11-agosto-15-LAB09A-1.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: diagrama vetorial já utilizado na atividade desenvolvida no LAB08. Artefato secundário: conjunto bússola-bobina para medição indireta do campo magnético terrestre (ilustração 4.17).

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
29:05 a 30:10	Pedro	Tem que orientar pela aula passada. Como é que era a aula passada?	
	Professor	No laboratório, em que tínhamos uns fios dando voltas formando uma bobina, ela tinha uma orientação espacial. Que orientação era essa?	
	Professor	O plano dela estava em que direção? Do norte-sul terrestre, não é? E isso era feito porquê?	O grupo C não responde ao professor, mas Sofia e Caio estão prestando atenção à preleção. Pedro está de costas para o professor e continua a mexer na bússola. Sofia estende o braço, com atenção ao professor, indicando a suposta direção do campo magnético terrestre local.
	Thiago	Por causa da Terra... para ter uma referência igual.	Resposta sem convicção.
	Professor	O que aquilo [se refere ao procedimento de colocar a bobina numa posição propositadamente escolhida] tem a ver com isso aqui [se refere ao diagrama vetorial]?	O professor quer que os estudantes percebam que, ao posicionar o plano da bobina paralelo ao campo da Terra, o campo que ela produz (BI) fica perpendicular ao campo da Terra. Esse procedimento permite usar o diagrama vetorial construído pelos estudantes no LAB08A, com o triângulo de relações trigonométricas, ambos reproduzidos no quadro-negro (ilustração 4.15, pág. 152).
	Outros	[Inaudível].	
	Professor	Não, o B_{TH} é constante independente do que eu fizer.	B_{TH} – componente horizontal do campo da Terra, cujo valor deve ser encontrado com a realização da atividade.
	Pedro	Perpendicular.	

	Professor	O campo da bobina fica perpendicular ao campo da Terra. Aí eu consigo fazer a análise utilizando isso aqui. Então, antes de fazer qualquer medida, eu tenho que alinhar...	O professor se refere novamente ao diagrama vetorial. Pedro faz sinal de concordância com a cabeça.
--	-----------	--	---

APÊNDICE G – EPISÓDIO POSTERIOR AO EPISÓDIO CENTRAL – EVENTO DE INFLEXÃO – GRUPO C

APÊNDICE G: Evento de Inflexão: Transcrição completa dos quadros 4.14, pág. 155, e 4.15, pág. 157: Inicialmente, Pedro pede ajuda ao grupo sobre como posicionar a bobina com relação ao campo magnético local da Terra. Em seguida, o professor se aproxima do grupo e medeia a interação sujeitos-artefatos. Pedro demonstra ter entendido o funcionamento do dispositivo. Quando o professor deixa o grupo, Sofia se manifesta, pedindo ajuda ao Pedro.

Processo de redescoberta representacional: Pedro se refere aos artefatos culturais disponíveis na atividade e utiliza-os na construção de uma explicação para a colega, Sofia. Além disso, ele compartilha com ela o novo sentido dado ao artefato: sua incorporação ao segundo artefato, o conjunto bússola-bobina.

Registros da aula do dia 11/08/2015: Segmento: 31:34 a 32:18 (C-11-agosto-15-LAB09A-1.mp4); segmento: 04:04 a 04:39 (C-11-agosto-15-LAB09A-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato cultural primário: diagrama vetorial; artefato secundário: conjunto bússola-bobina.

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
31:34 a 33:13 VÍDEO 1	Caio	Cadê o norte, gente?	
	Pedro	O norte tá pra lá ou pra cá.	
	Caio	O norte tá pra lá assim, oh. É perpendicular, tá certo. É mais ou menos assim, oh. O norte está para lá.	Ajeitando a posição da bússola.
	Pedro	Fessôr, eu não entendi, não. Esse ímã aqui é que descreve o norte? Não é esse troço, não?	
	Professor	É esse mesmo, uai! Esse aqui é o norte, e esse aqui é o sul.	Apontando para a agulha magnética da bússola.
	Caio	{Esse negócio é perpendicular.	
	Pedro	{Ah, tá! Achei que era esse aqui, que está em paralelo com a haste.	Apontando para uma segunda agulha, não magnética, perpendicular à agulha magnética, utilizada para fazer a leitura da deflexão magnética.
	Professor	Isso, mas a bobina tem que ficar em qual orientação?	
	Pedro	Perpendicular com o campo magnético da Terra.	
	Professor	Perpendicular à direção norte-sul?	
	Caio	Foi o que a gente falou, uai!	Embora Caio tenha posicionado a bússola corretamente, e defendido sua opção, ele não parece tê-lo feito por convicção (ele pode ter seguido apenas a ação dos outros grupos, fato que ele já havia mencionado anteriormente). Ou seja, o que ocorre neste segmento não é suficiente para afirmar que ele usa o instrumento

			como artefato cultural, pois ainda não demonstrou ter se apropriado de sua significância.
	Pedro	Não, tem que ficar assim, oh!	
	Professor	O campo da bobina é que fica perpendicular. Isso aí!	
	Sofia	O quê?! O que você fez aí, Pedro?!	Após a saída do professor, Sofia demonstra não ter entendido a explicação, que, no entanto, parece ter sido suficiente para o Pedro.
	Pedro	É o seguinte. Está vendo esse ímã aqui?	Início do processo de redescrição representacional.
	Sofia	Ahan.	
	Pedro	Ele descreve do norte ao sul. Tá vendo no quadro, o B_I e o B_{TH} ?	Pedro usa o diagrama vetorial, desenhado pelo professor no quadro-negro (ilustração 4.15, pág. 152), para redescrever uma representação para a Sofia. A ilustração 4.16, pág. 158, mostra Sofia em estado de atenção conjunta, caracterizada com o acompanhamento do olhar para o mesmo destino (neste caso, o quadro).
	Pedro	O B_I tá assim, o B_{TH} tá assim. Então, eles são perpendiculares.	Mostrando, com os braços perpendiculares, as posições relativas dos vetores que representam os sentidos dos campos magnéticos da bobina e do campo local da Terra (ver ilustração 4.16). Ele consegue transpor o diagrama vetorial para a nova situação dada nesta atividade.
	Sofia	Ahan.	
	Pedro	Com um ângulo de noventa aqui, oh.	Ele faz uma indicação do ângulo de 90 graus entre os dois braços.
	Pedro	O campo da bobina vai tá pra lá e o campo da Terra vai tá pra lá.	Ele aponta, agora com relação à bússola, os sentidos dos vetores que representam os campos magnéticos da Terra e da bobina.
	Os estudantes se dispersam com alguma coisa que os distraíram, que está ocorrendo com um outro grupo. Eles brincam um pouco de forma bem descontraída.		
04:04 a 04:39 VÍDEO 2	Caio	Pedro, deu ruim...	Caio e Sofia ajustam a posição da bobina (corretamente), mas eles não estão conseguindo “zerar” a agulha de medição. Isso se deve apenas à pouca familiaridade com o objeto.
	Pedro	Claro, vocês fizeram o contrário, uai.	Ele gira a bobina 90° para uma posição que ele considera correta.
	Caio	Pedro, a bobina tem que ficar assim!	Caio coloca a bobina corretamente. Diferentemente do que ocorre no turno 24, Caio, com a contribuição da Sofia, parece estar convicto da posição da bobina.

	Pedro	Não, mano! Ela tem que ficar perpendicular ao campo da Terra.	
	Pedro	Norte é pra cá, não é? Então!	Aponta a direção correta, mas ele coloca o plano da bobina perpendicular ao campo da Terra.
	Professor	O plano da espira tem que ficar na direção norte-sul, Pedro.	A presença do professor foi fundamental para coordenar as perspectivas antagônicas. A mediação do professor oferece ao Pedro uma nova oportunidade de compreensão do uso daquele artefato cultural.

APÊNDICE H – EPISÓDIO CENTRAL – CENÁRIO – GRUPO H

APÊNDICE H: **Cenário:** Transcrição completa referente ao (quadro 4.17, pág. 163) – Os estudantes estão preparando a montagem experimental para o estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre. Eles recebem orientação segundo a qual devem posicionar o equipamento de tal forma que o plano da bobina fique na mesma direção do campo magnético da Terra. Thales quer saber por que deve ser dessa maneira e não de outra.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 11:09 a 12:54 (H-LAB08A-14-julho-15-1.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato cultural primário: diagrama vetorial; artefato secundário: conjunto bússola-bobina.

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
11:09 a 12:54	Thales	Então, qualquer jeito que eu colocar isso aqui, foda-se.	
	Thiago	Não. A gente quer que ele [o suporte] fique assim.	Ele posiciona o suporte corretamente.
	Thales	Porquê?	
	Thiago	Porque, ao botar a porcaria da bússola aqui... Você olha aqui e vai estar na inclinação certa.	
	Thales	Mas, qual vai ser o problema se eu colocar ela assim ou assim?	Girando o suporte e colocando o plano da bobina perpendicular ao campo da Terra, em vez de paralelo.
	Thiago	Assim, de lado? Assim, não tem norte-sul, não! Porque estava assim, o nosso [gira o suporte, colocando-o com estava antes, na posição errada].	Faz o gesto de enrolar o fio no suporte. Nesse momento o argumento de Thiago é pobre. Embora ele esteja colocando o plano da bobina corretamente, o argumento é do tipo “o professor falou”. Ele aponta para a outra bancada, onde o professor colocou uma montagem como modelo, usando a autoridade do professor como argumento, sem procurar entender o porquê do procedimento. O professor voltará ao assunto adiante.
	Thales	Mas, não faz sentido, veio!	
	Thiago	A espira tem que ficar aqui assim... norte-sul... Você não pode botar ela aqui, porque a parte de trás dela aqui... [não dá para entender o que ele quer dizer com isso].	Indicando a posição correta da bobina, com o plano da espira na direção norte-sul.
	Thales	É para alinhar com o negócio da Terra?	Este é o ponto de desentendimento. Me parece que falta pouco para eles se entenderem, mas isso não ocorre. Thales demonstra saber qual a direção norte-sul, tanto quanto o Thiago. Entretanto, Thiago não oferece um argumento porque deve ser nessa posição e não outra. Thales parece querer colocar o campo da

		bobina (e não a bobina) na mesma direção do campo da Terra. Parece apenas uma questão de linguagem. Entretanto, Thales quer uma explicação e Thiago quer apenas seguir as orientações para permitir executar as medidas. O procedimento do professor faz muito sentido do ponto de vista do ensino com tutoriais. Ele deixa os estudantes discutirem o problema exaustivamente. Sabemos que colocar o plano da bobina paralelamente ao campo da Terra, faz com que os campos se superponham ortogonalmente, facilitando o uso da matemática.
Thiago	Se botar assim, ela vai tá norte-sul aqui... <i>[com o plano da bobina paralela ao campo da Terra]</i> . Só que se virar aqui... ela vai tá... <i>[sinaliza mostrando que o plano da bobina gira noventa graus]</i> ... porque isso aqui seria tipo... as pontas da espira... tipo polo norte e polo sul da espira, entre aspas... entre aspas...	Apesar de Thiago posicionar o suporte da bobina corretamente, ele está dizendo que o campo de uma bobina seria também paralelo ao plano da própria bobina, o que não é verdade. Quando Thiago diz que dois lados opostos da bobina devem ficar voltados para o norte e para o sul, não sabemos se ele está tentando dizer, de outra forma, que o plano da bobina deve se alinhar com o campo magnético. Por outro lado, quando ele diz que “as pontas da espira seriam os polos da espira”, pode indicar que os polos estão sobre os fios, como havia ocorrido na última aula de classe.
Thales	Polo norte e polo sul tá aqui.	Ele indica corretamente os polos da bobina, que eles estão chamando de “espira”, conforme atividade em classe – Tutorial 7. Thales mostra corretamente a polaridade da bobina se ela for colocada na posição sugerida por Thiago (que está correta). Ou seja, dessa maneira os campos ficam ortogonais entre si. Fiz três imagens com os gestos do Thiago e do Thales.
Thiago	Não veio! A gente alinha daquele jeito que ele fez <i>[apontando para a montagem deixada pelo professor na outra bancada]</i> . Esses dois pontos aqui. Pode deixar desse jeito assim... praticamente.	
Thales	Então eu posso colocar de qualquer outro ponto, não tem problema?	
Thiago	Tem.	
Thales	Porque que tem?	
Thiago	Porque aí não dá para <i>[inaudível – medir?]</i> .	
Thales	Isso aqui vai continuar sendo norte-sul <i>[apontando corretamente a polaridade da bobina]</i> . Isso aqui vai ser norte, isso aqui vai ser sul... se a corrente for assim.	Ele usa corretamente a regra da motocicleta – regra de Ampère.

Thiago	Não, mas ele não quer que você muda norte-sul da espira, ele quer que você deixa... norte-sul da Terra. Tem que ficar assim! Desse jeito!	Ele apela novamente à orientação dada e gira de novo o suporte para a posição correta.
Thales	O norte-sul da Terra é isso! O norte <i>[da Terra]</i> é pra lá.	Thales tem um comportamento muito parecido com o do Felipe, do grupo C. Ele não está se concentrando na informação “o plano da bobina deve ser alinhado com a direção norte-sul do campo magnético terrestre”.
Thiago	Mas tem que ser desse jeito aqui. Ele fez daquele jeito, não fez? Então pronto. É assim!	Voltando, sem argumento, o suporte novamente para a posição correta
Thales	Eu só não entendi. Continua lendo, aí.	Thales faz um gesto de impaciência. Mesmo não se convencendo, ele admite deixar do jeito do Thiago.
Thiago	É só você entender o que ele fez ali.	Ele se volta para a montagem deixada, pelo professor, na outra bancada. Thiago se vale do argumento da autoridade, e deixa que Thales procure a resposta do porque ser daquela maneira e não de outra. Thales se levanta e vai buscar os cabos pra ligar o equipamento.

APÊNDICE I – EPISÓDIO CENTRAL – EVENTO DE INFLEXÃO E DE REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL – GRUPO H

APÊNDICE I: **Evento de inflexão e processo de redescrição representacional:** Transcrição completa referente ao quadro 4.18, pág. 167 – Elisa se “irrita” ao pensar que seria necessário fazer um desenho para responder à questão do roteiro, o que não é verdade. De qualquer forma, Thales toma a iniciativa de fazer o desenho, passando-o em seguida aos colegas, que complementam o desenho, identificando nele a polaridade da bobina.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 18:14 a 22:44 (H-LAB08A-14-07-15-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, para determinar a orientação do campo magnético em torno de um fio percorrido por corrente elétrica – “regra da motocicleta”. Artefato secundário: Conjunto experimental para estudo semiquantitativo do campo magnético terrestre (ilustração 4.7, pág. 141).

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
18:14 a 18:18	Elisa	Então, agora a gente pode ir pra d , né? O que se pode concluir sobre a direção e o sentido do campo magnético produzido pela corrente no centro da bobina?	Eles começam a discutir sobre a direção e o sentido do campo no centro da bobina.
18:24 a 19:22	Eles param a discussão um pouco e cada uma tenta entender a questão do tutorial e fazer anotações Thales e Thiago refazem algumas medidas para conferir os dados.		
19:22 a 21:24	Elisa	E agora a direção e o sentido do campo dentro da bobina. Qual o sentido da corrente dessa parada? Deixa eu pensar.	
	Elisa	Pera aí Thales! Deixa minha mente raciocinar...	
	Thales	Deixa eu pensar também, uai! Eu, hein!	Thales está fazendo um gesto, descrevendo um círculo com o dedo indicador junto aos fios de enrolamento da bobina. Agora ele para e pega uma folha, colocando-a próximo à bobina, no mesmo plano dela. Esse procedimento obstrui a visão de Elisa sobre o aparato.
	Thales	Aqui ele tá entrando...	Eles usam a regra da motocicleta. Thales está utilizando uma folha A4 para definir o plano da bobina. Uma hipótese para esse procedimento pode ser uma tentativa de repetir a situação vista nas aulas de classe.
	Elisa	Embaixo ele tá entrando... e em cima ele tá saindo. Não, pera aí. Não! Tá vindo pra cá... Aqui, ele vai tá entrando. Aqui...	O raciocínio espacial, mesmo auxiliado por uma regra prática, introduz mais um aspecto dificultador. O uso da regra não é trivial.
	Thales	Por fora ele tá indo pra direção desse vidrinho aqui.	

Elisa	Em cima ele tá saindo, assim, não é?	
Thales	Assim. Na verdade, ele é igual em todos os pontos, você sabe, né?	
Elisa	Ahan.	
Thales	Se você pegar aqui ou aqui... Ele vai tá... Do lado de fora... ele vai tá saindo... no meu ponto de vista, da esquerda para a direita, e vai tá entrando da direita para a esquerda. Independente de qualquer ponto.	
Elisa	Então, a gente tem que anotar isso.	
Thales	Então, tipo... aqui vai ser o norte... É, aqui vai ser o norte, e aqui vai ser o sul. Que eles estão saindo daqui, e chegando aqui [<i>apontando o que seria a trajetória de uma linha de campo</i>]. E dentro é o contrário.	
Thiago	A corrente não tá vindo pra cá? Então você tá fazendo errado.	
Thales	A corrente tá assim...	Indica a corrente circulando na bobina com a ajuda do dedo indicador fazendo círculos.
Thiago	Você está fazendo o contrário. Você colocou sua mão pra lá.	
Elisa	Não. A corrente tá apontando pra cá e aqui no final tá apontando pra cá.	
Thales	A corrente tá assim, ó... o campo tá assim... Entendeu?	Faz um gesto bacana com as duas mãos, mostrando o que seriam linhas contínuas de campo magnético.
Thiago	Ela tá vindo pra cá. Ela passa e depois ela vai pra lá. É que ela começa lá em cima, né?	Grande parte desse diálogo é todo acompanhado por gestos de indicação de sentido da corrente, regra de Ampère (“regra da motocicleta”, termo utilizado pelo professor e pelos estudantes).
Thales	Independente do início e do final dela.	
Thiago	Então. Mas essas embaixo [<i>se referindo aos fios no trecho inferior da bobina</i>].	
Thales	Não tem diferença... só se eu invertesse a bobina inteira.	
Elisa	Então dentro da bobina... o problema é que a gente tem que estabelecer onde que é norte e onde que é sul... a gente vai ter que desenhar? [<i>Irritada</i>].	Esse trecho mostra a dificuldade do tratamento tridimensional que envolve as situações do eletromagnetismo. Acrescenta-se que há uma pergunta no roteiro que pede que os estudantes respondam (precisam escrever) qual a direção e sentido do campo magnético no centro da bobina.

21:24 a 22:00	Pequena pausa. Eles estão pensando sobre o problema. Thales aceita a sugestão, pede um lápis a Thiago, e começa a fazer um desenho. Ele faz vários gestos, para si mesmo, que indicam o uso discreto da “regra da motocicleta”.		
22:01 a 22:44	Thales	Define o campo, aí!	O processo de redescrição representacional se inicia com a apresentação do desenho ao grupo. A postura e a entonação da frase revelam segurança desdenhosa. É como se dissesse “precisa de um desenho... tá pronto”.
	Elisa	Aqui vai ser sul aqui vai ser norte... só que aqui dentro... Ah, não. Não sei!	
	Thales	Dentro é do sul pro norte, fora, norte pro sul.	As imagens de vídeo mostram claramente que Thales desenha linhas de campo enquanto fala.
	Thiago	O norte aqui e o sul, lá.	
	Elisa	Professor, nós vamos representar a d em forma de desenho, porque não tem como falar não...	O professor se aproxima do grupo e Elisa aproveita.
	Professor	Você não sabe me falar, em poucas palavras, qual é a direção dele em relação à bobina?	Nota-se que os estudantes estão bastante cientes do modelo de linhas de campo, mas se esquecem de uma possível representação vetorial do campo em um ponto específico, exatamente no centro da bobina.
	Elisa	Em relação à bobina?	
	Thiago	Ele, tipo...	
	Elisa	A gente pensou ele dentro da bobina. A gente estabeleceu o norte e o sul...	
	Thiago	Porque o norte está aqui e o sul está lá.	
	Professor	Beleza. Mas, vamos supor que isso aqui seja o fio. Então, o fio forma um plano, não forma? Em relação a este plano, como estaria o vetor...	O professor pega uma folha A4, colocando-a numa posição paralela ao plano da bobina. Ele indica com o dedo as bordas da folha em todo seu perímetro.
	Elisa	Estaria atravessando o plano.	
	Professor	Me mostra qual ângulo que ele forma com esse plano. Thales pega o pincel para indicar o vetor e o coloca perpendicularmente ao plano da folha (bobina).	
Professor	Noventa graus?	Todos respondem afirmativamente.	
Elisa	Então dentro, o vetor campo magnético forma um ângulo de quarenta graus...		

Thiago e Thales	Noventa!	
Professor	Bem no centro... No ponto central, o vetor forma um ângulo de noventa graus com a espira.	Thiago ainda faz mais uma vez a regra da motocicleta para confirmar as conclusões que acabaram de fazer.
Thales	Dentro é do sul pro norte.	Se voltando para o Thiago.
Elisa	Exatamente no centro?	
Professor	É... vocês me falaram certinho, que as linhas de campo fazem isso aqui, não fazem?	Ele faz o gesto com o indicador para mostrar uma linha de campo contínua, aproximadamente circular.
Thiago	Só isso?	Ironizando.

APÊNDICE J – EPISÓDIO ANTERIOR AO EPISÓDIO CENTRAL – CENÁRIO – GRUPO H

APÊNDICE J: **Cenário:** Transcrição completa referente ao quadro 4.19, pág. 173: – Os estudantes se deparam com uma nova situação, a produção de um campo magnético por uma espira quadrada. Em sociogênese, eles tentam enfrentar a nova situação com artefatos culturais disponíveis e conhecidos: a regra da mão direita (“regra da motocicleta”) para a orientação das linhas de campo e a regra da mão direita para a força magnética (“regra do tapa”), ambas já utilizadas em atividades anteriores.

Registro da aula do dia 09/07/2015: Segmento: 00:55 a 07:30 (H-09-julho-15-classe-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra de Ampère, ou regra da mão direita, ou “regra da motocicleta” – como os estudantes e professor a ela se referem (Ilustração 4.1, pág. 115). Artefato secundário: Modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7 (ilustração 4.22, pág. 172).

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
00:55 a 03:04	Thiago	Semelhanças?!	Thiago se refere à questão do roteiro sobre as semelhanças entre o campo produzido por uma bobina e o campo de um ímã em barra: “Quais são as semelhanças entre as linhas do campo magnético produzido por uma espira e as linhas de campo magnético de um pequeno ímã de barra? Mostre essas semelhanças, esboçando as linhas de campo de um ímã em barra e as de uma espira”.
	Elisa	Ahan! Não tem semelhança, não.	Eles decidem chamar o professor, mas ele não vem imediatamente.
	Thales	Não tem mesmo não!	
	Thiago	É. Tô vendo isso agora... Porque no ímã de barra...	
	Elisa	Nem se você colocar...	
	Thiago	E aqui não existe, ó. Circular... parado. Talvez com o campo magnético resultante, talvez daria.	Ele parece indicar com o gesto, o campo em torno do fio da espira, indicando que não existiria semelhança com o campo do ímã.
	Thales	É. Se tivesse mais um ímã de barra, até que dava para fazer. Mas, não sei não.	
	Thiago	Tipo, se você conseguisse fazer a resultante aqui, aí dava.	Apontando para o desenho.
	Thales	Não tem semelhança!	
	Elisa	E o polo norte e o polo sul da espira de corrente?!	
Thales	Tem isso?		

	Elisa	Aqui, ó!	Apontando a questão do relatório: “Você é capaz de identificar...”.
	Thiago	Polo norte e polo sul.	
	Thales	B e D?	
	Elisa	Não. Não tem como, não.	
	Thiago	Eu não conseguiria, não.	
	Elisa	Talvez, porque o sentido da corrente vai ser diferente.	
	Thales	É.	
	Elisa	<p>Porque tem aquele negócio... quando o sentido é o mesmo, os ímãs vão fazer assim... <i>[ela faz um gesto com as duas mãos representando duas correntes com o mesmo sentido para cima (dedos indicadores) e uma atração entre as duas mãos].</i></p> <p>... quando o sentido é oposto, eles vão fazer assim... <i>[faz novo gesto, representando correntes opostas com o polegar e repulsão].</i></p> <p>... talvez é o sentido da corrente que vai alterar o polo norte e o sul na... com certeza, vai ser o sentido da corrente, mas daí, identificar isso na espira?!</p>	<p>Redescrição representacional – Elisa se refere a dois fios paralelos percorridos por corrente elétrica. Apesar da semelhança entre os casos, Elisa está confundindo o fenômeno de atração ou repulsão entre dois condutores paralelos, para o qual se usa a “regra do tapa” para definir o sentido das forças.</p> <p>Elisa está usando a mão errada para fazer a regra da motocicleta. Ela percebe isso e troca de mãos.</p>
	Thiago	Às vezes A e B é um polo e B e C é outro polo... Porque é contínuo, assim... Sei lá... Não sei!	
03:04 a 03:40	Enquanto o professor não atende ao grupo, eles falam sobre outras coisas, mas tentam usar a regra da motocicleta sem convicção.		
03:41 a 04:18	Elisa	A gente está aqui numa plenária... A gente não achou semelhança nenhuma. Não sei...	O professor se aproxima e Elisa se dirige a ele.
	Professor	Aqui você desenhou linhas de campo, não foi. Aqui você fez um negócio aqui descontínuo... Faz as linhas contínuas aqui que você vai enxergar melhor.	Se voltando para o desenho que o Thiago fez.
	Elisa	Eu fiz e não vi semelhança nenhuma.	
	Thales	Eu também fiz. Eu não enxerguei não!	
	Professor	Porquê? Aqui você fez quantas linhas? Duas. Olha o	

		tanto de linhas que você fez aqui.	
	Elisa	Se eu fizer um monte de linhas aqui, a única coisa que vai aumentar, é o tamanho aqui, ó!	
	Thales	Fazer um milhão de linhas aqui...	
	Thiago	Não vai mudar, não, professor.	
	Thales	Vai começar a interagir com a de cima?	
	Professor	Como vai ficar a linha bem central, que está na mesma distância desse fio e desse? Pensa nisso.	O professor sai. Ele conduz a atividade, conforme o planejamento para atividades com tutoriais. Ao não responder às dúvidas dos estudantes diretamente, ele os mantém em situação de desconforto produtivo, provocada pelo próprio tutorial.
	Thales	Vai ficar uma batendo na outra. Vai ter divergência...	
04:18 a 04:30	Pausa para pensar.		
	Elisa	A linha aqui no meio, ela é quase reta. A gente nem vê ela... Aqui no meio...	
	Thales	Aqui no meio tem uma reta, mas aqui não é questão de reta. Ambas vão bater aqui no meio, só que a resultante vai ser zero, entre as duas.	Como na fala da Elisa, essa fala do Thales, parece uma associação com outro problema típico envolvendo fios paralelos, com correntes do mesmo sentido. Em um ponto equidistante aos dois fios, há uma superposição de campos opostos e anula. Ele está perto de perceber o problema, pois em uma espira quadrada, ele poderia usar este raciocínio. Entretanto os dois lados paralelos têm correntes opostas, o que daria um campo reforçado no ponto equidistante. Isso sugere inclusive, uma forma de ensinar a espira sendo construída a partir de fios paralelos.
04:31 a 05:15	Thiago	Ou não...	
	Thales	Vai uai, no ponto equidistante, é!	
	Thiago	Esqueceu o campo de A, também.	
	Thales	Não, o A e o C vão ser equidistantes. O ponto equidistante do A e do C vai ser zero.	
05:15 a 06:37	Eles estão pensando sozinhos e tentando desenhar o campo. O professor entrega uma miniatura da espira para cada grupo. Ele pede desculpa à turma, pois já deveria ter entregado.		
	Thiago	No meio, veio. Vai ter uma parada aqui, uma parada aqui... vai ser reta.	Ele chega na solução correta. A linha magnética que passa no centro da bobina é uma linha reta. Mas ele não tem uma explicação para isso.
06:37 a 07:30	Elisa	Ainda continuo sem entender. Acho que eu vou pular.	
	Thales	Vai ter um negócio reto no meio? Você é louco?	Ele indica com a mão, como se as linhas de campo fossem opostas, o que é um equívoco.

Thiago	Aí, uma parada pra cá, outra pra cá.	
Thales	Não estou entendendo nada do que você está falando...	
Elisa	A resultante.	Acompanhando o rabisco que Thiago faz no papel.
Thales	A resultante? Vai ser assim, ó! A de cima e a de baixo.	Ele indica com as mãos, como se as linhas de campo fossem opostas, o que é um equívoco.
Thiago	Tá certo.	Aceitando a objeção do Thales, sem questionar.
Thales	Aí vai bater as duas, vai ser zero... vai ter um vetor pra lá, um vetor pra cá... o resultante vai ser zero. E continua não tendo relação nenhuma...	Sorrindo.
Thiago	Mas, e a linha do meio?	
Thales	A linha do meio dá a volta no mundo e volta pro lado do sul.	Ele não percebe a inconsistência em sua fala. O que significa “resultante zero” para ele? Como poderia “existir uma linha de campo” se o campo fosse zero?
Thiago	Ou não.	
Thales	Com certeza, ela vai!	A propriedade da continuidade das linhas de campo parece bem reconhecida por Thales e Elisa.
Elisa	Por mais que ela seja quase reta. Ela tem que chegar no outro... <Ela é contínua!	
Thales	<Ela dá a volta no que tiver no caminho dela... e chega no sul. Ela é contínua!	
Elisa	Exatamente.	
Elisa	Então vão pra outra.	Eles não chegam a uma conclusão e decidem passar à frente na atividade.

APÊNDICE K – EPISÓDIO ANTERIOR AO EPISÓDIO CENTRAL – EVENTO DE INFLEXÃO – GRUPO H

APÊNDICE K: **Evento de inflexão:** Transcrição completa referente ao quadro 4.20, pág. 177: – Um estudante de outro grupo faz uma pergunta aos estudantes do grupo H. Ao formular a pergunta, ele traz à tona um elemento da atividade que aparentemente havia sido deixado de lado nas discussões internas do grupo H, que é o próprio ímã. Após o “término” do diálogo com o agente externo, Thales subitamente tem um momento epifânico e propõe uma resposta nova para o problema.

Registro da aula do dia 09/07/2015: Segmento: 21:53 a 24:06 (H-09-julho-15-classe-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, ou “regra da motocicleta”, como estudantes e professor a ela se referem. Artefatos secundários: modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7 (ilustração 4.22, pág. 172); campos magnéticos.

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
21:53 a 24:06	Thales	Thiago, norte e sul, ou igual eu fiz... assim?	Ele faz uma proposta com os polos norte e sul nas faces da espira (correto, mas sem convicção) e outra proposta com o polo sul nas proximidades dos lados da espira, do lado de fora dela.
	Thiago	Acho que assim, ó. Norte, porque todas as linhas estão saindo dele...	Aponta para uma das faces da espira e gesticula de forma ininteligível.
	Thales	Eu acho que é tipo assim, ó.	Repetindo a proposta com o polo sul nas proximidades dos lados da espira, do lado de fora dela e o polo norte na área interna da espira.
	Thiago	Mas, sul fora, veio? É estranho! Depende do ponto que você pegar!	Thales e Thiago discutem usando o modelo material de espira.
	Thales	Não. Independente do ponto que você pegar. O sul, sempre quando estiver fora, ele vai tá entrando.... E sempre que ele estiver dentro, ele tá saindo.	Thiago está segurando a espira e Thales aponta com um dos dedos indicadores, a orientação da linha de campo entrando na área interna da espira. Ele coloca o outro dedo sobre o fio, do lado externo da espira, apontando em sentido contrário. Por esse motivo, ele está chamando de “sul fora” e “norte dentro”. Elisa não entra no debate. Ela chama o professor timidamente.
	Thiago	A, B, C e D.	
	Thales	É tipo assim, ó [ele usa a espira na mão do Thiago para apontar com os dedos, as orientações das linhas de campo]... saindo sempre... entrando sempre... Qualquer ponto aqui ele tá entrando... qualquer ponto aqui dentro ele tá saindo...	Mostrando com a ajuda do modelo de espira.
	Elisa	Professor?	
Thales	... Eu acho que dentro é o norte e fora, sul... mas pode ser...		

Thiago	É estranho...	
Thales	É estranho, mas é a único jeito que eu consegui representar. Pelo menos, na minha opinião.	
Thiago	Porque todos os pontos dentro <i>[da área delimitada pela espira]</i> estão entrando.	
Thales	Tirando os pontos equidistantes de todos os fios, onde a resultante é zero, todos os pontos dentro estão saindo e todos os pontos fora estão entrando. Eu acho que norte é dentro e o sul é fora.	Essa discussão entre eles mostra que, nesse momento, eles ainda não encontraram a semelhança com o ímã. Thales chama o professor.
Thiago	Difícil...	Ele não ao está seguro com esta ideia.
Thales	Professor?	
Thales	Dentro é norte, e fora é o sul!	Thales responde a Bruno, do grupo B.
Bruno	Acho que fora é o norte, porque quando tá dentro da espira...	O argumento do Bruno é que fora é norte e dentro é sul, mudando apenas a polaridade, permanecendo a ideia.
Thiago	... tá saindo.	
Bruno	... tá saindo, e quando tá dentro do ímã, tá saindo também.	
Thiago	Então?!	
Bruno	Quando tá fora do ímã que tá entrando.	
Thales	É, uai, pode ser.	
Bruno	Então, é por isso que fora é o norte. É só você desenhar o ímã.	É o mesmo erro. Depende em que face da espira estamos olhando (ou se invertemos o sentido da corrente), veremos “sul dentro” e “fora norte”.
Thiago	Pode ser o que o Bruno falou também, dentro é sul e fora é norte, porque dentro do ímã é o contrário.	
Thales	Ou, mas tipo... Ah, não! É assim, ó!	Segundo momento de epifania do Thales. Curiosamente, ele já tinha percebido isso antes, mas ele não estava tão seguro quanto agora.
Thiago	É paralelo! Porquê?	
Thales	Norte e sul... Uma hora ele tá entrando, uma hora ele tá saindo, mas os dois estão pro mesmo lado.	Thales se dirige aos colegas do outro grupo, com o modelo de espira entre as mãos espalmadas, com o plano da espira paralelo às mãos, indicando para cada faces da

		espira um polo, norte e sul. Faz um gesto, acompanhado de um “pro mesmo lado” que sinaliza que a orientação da linha de campo é circular, ou seja, sempre “circulam” no mesmo sentido.
Thiago	É isso aqui, Thales. <i>[Olhando para seu desenho]</i> .	
Thales	A corrente estando assim <i>[indica o sentido horário para a corrente circulando na espira (que está em suas mão)]</i> , aqui é o norte, aqui é o sul <i>[indicando as faces da espira como polos norte e sul]</i> ...	
Thales	... O norte e o sul estão fora. Ele é assim, ó.	
Thiago	Norte e sul. Dois polos.	

APÊNDICE L – EPISÓDIO POSTERIOR AO EPISÓDIO CENTRAL – REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL – GRUPO H

APÊNDICE L: **Processo de redescrição representacional:** Transcrição completa do evento descrito no quadro 4.24, pág. 191 – Evento que destaca a segurança e a desenvoltura no uso do artefato cultural “regra da motocicleta”, adquirida tanto por Thiago quanto por Thales. Eles são capazes de compreender a dificuldade da colega e propor modos de ação para que ela seja capaz de superá-la.

Registros da aula do dia 14/07/2015: Segmento: 00:44 a 04:41 (H-14-julho-15-classe-2.mp4)

Principais artefatos culturais em uso: Artefato primário: regra da mão direita, de Ampère, ou “regra da motocicleta”, como estudantes e professor a ela se referem; modelo de espira quadrada, moldada em fio esmaltado, reproduzida conforme o Tutorial 7; conceito de campo magnético.

Tempo	Agente	Transcrição	Comentário
00:44 a 3:53	Thales	Considerando que a corrente está descendo...	
	Thiago	O vetor aqui seria pra cá?	
	Thales	É. Dentro é do sul pro norte.	
	Thiago	... e intensidade muito grande?	
	Thales	Sim.	
	Thales	Faz aí, a regra da motoca... supondo que a corrente está assim [apontando o sentido da corrente no modelo de espira].	Se dirigindo à Elisa.
	Elisa	Mas, tem que considerar que...	
	Thales	Não, faz aqui antes...	Orientando Elisa a fazer no modelo primeiro.
	Thiago	Mas, considerando que as linhas não se encontram, estaria certa a representação do campo? Seria só... seria tipo um ímã em forma de barra... teria uma linha aqui, outra aqui no meio...	Se dirigindo ao professor.
	Professor	Isso.	Olhando a representação feita pelo Thiago.
	Thales	Vai, continua... Espicha os dedos... Norte [indicando as pontas dos dedos da mão da Elisa] e sul [indicando o dorso da mão dela].	Pega na mão da Elisa e faz com que ela estenda os dedos. Thales segura a espira de forma que ela fique em uma posição paralela às espiras da figura do solenoide no tutorial. Elisa faz a regra que eles inventaram para determinar os polos em uma espira.
Elisa	Mas aqui, a gente tem a parada saindo e aqui embaixo a parada	Se referindo ao solenoide.	

	entrando...	Thales volta a colocar o modelo sobre o desenho do solenoide e sugere que ela faça de novo.
Thales	Norte... Sul.	Elisa ainda não vê como aplicar a regra no solenoide e protesta e Thales faz a regra para ela.
Thiago	É porque aqui é uma representação de lado.	Se referindo ao desenho em corte do solenoide.
Elisa	Assim?	Pondo a espira com o plano paralelo ao plano da folha.
Thales	Não [<i>colocando a espira com o plano perpendicular ao plano do papel</i>], é assim. Isso aqui, ô [<i>se referindo ao solenoide</i>], é um tanto disso aqui [<i>se referindo à espira</i>] cortada no meio... eles pegaram um tanto disso aqui, colocaram uma do lado da outra e cortaram tudo no meio.	Explicando o solenoide desenhado em corte.
Elisa	Não, veio, não tô conseguindo... Eu ainda não entendi isso aqui!	Thales insiste com o modelo e mostra a Elisa como usar a regra que eles inventaram, ms ela ainda está com dificuldade de entender a representação do solenoide ou de entender o solenoide como se fosse uma série de espiras colocadas lado a lado. É a dificuldade de se representar um objeto ou fenômeno tridimensional mas duas dimensões de uma folha de papel.
Thiago	Faz o campo... [<i>Inaudível</i>].	Ele aponta para o desenho tentando ajudar Elisa.
Thales	Seleciona qualquer lugar aqui. Pegando isso aqui como referência... um lugar que você queira que a corrente desça, pra cá ou pra cá.	A referência é o modelo físico da espira (feita com fio esmaltado, imitando a figura do tutorial).
Elisa	Sei lá!	
Thales	Chuta um!	
Elisa	Aqui.	Elisa aponta um lado da espira.
Thales	Prá cá? A corrente está assim [<i>usando a regra* que eles inventaram</i>]. Então o negócio tá assim... Vou por de lado assim [<i>reposicionando a espira</i>]... aqui é o norte, aqui é o sul... A gente já definiu isso.	*Se referindo a uma regra que eles inventaram, como parte da atividade, para definir a orientação do campo magnético em espiras.
Elisa	Não! Era para ser o contrário! Aqui é o sul e aqui é o norte.	
Thiago	Não, veio!	

	Thales	Funciona a nossa regra! A ponta do dedo é o norte!	
	Elisa	É sul, veio!	
	Thales	Naquela ali, oh [<i>se referindo a um desenho feito pelo professor</i>], a ponta do fio tá saindo pra fora, né? Tá assim! A nossa regra a ponta do dedo tem que estar dentro da espira.	
	Elisa	A nossa regra funciona pra dentro. Pra ver o campo dentro?	
	Thales	Você olha dentro.	
	Elisa	Então, dentro vai ser sul, com a ponta do dedo... Não – norte, ponta do dedo... e costa da mão, sul. Agora pra estabelecer o campo fora...	
	Thales	Fora, o contrário.	
	Elisa	Tá. Beleza... Agora eu não entendi isso aqui, veio!	Se referindo ao solenoide.
	Thiago	A ponta do dedo aponta pro norte... o norte é sul.	
	Thales	Isso é uma cacetada desse negócio junto. É só isso!	
	Elisa	Não é não, veio! É aquele negócio do norte do solenoide.	
	Thiago	É. Eu escrevi.	
	Thales	É isso aí, óh! Uma cacetada do lado uma da outra... é só juntar elas pela mesma corrente.	
	Thiago	Faz de uma só. Esquece as outras... faz só de uma.	Elisa faz a “regra da motocicleta” para as duas extremidades cortadas de uma das espiras, mas meneia a cabeça negativamente. É fácil pegar uma retrato. Thales ajuda Elisa, pegando sua mão e posicionando de tal forma que os dedos indicadores das linhas do campo ficassem bem na entrada do solenoide. Thiago faz um gesto “desenhando” linhas de campo circulares no ar, como se sugerisse que Elisa visse as linhas em torno daquele ponto do desenho do solenoide.
03:53 a 04:39	Pausa para Elisa pensar e fazer a regra. Eles ainda divergem um pouco até Elisa determinar o norte e o sul no solenoide.		
04:39 a 04:41	Thales	Lá é o norte e cá é o sul. Faz embaixo... é mais fácil de fazer. Sabendo onde é o norte e onde é o sul, você sabe traçar as linhas.	Elisa repete a regra da motocicleta para a parte de baixo, onde a corrente está entrando no plano do papel. Ela meneia a cabeça afirmativamente.

APÊNDICE M – TERMOS DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

APÊNDICE M: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – pais; Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) – alunos; Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – professores.

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

AO ALUNO

Convidamos você a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa educacional. Pedimos permissão para observar e filmar você em suas aulas normais de Física. Precisamos observar atividades em que os alunos colaboram para resolver problemas. Daremos atenção à maneira como o aluno contribui para a solução de cada problema proposto. Também buscamos conhecer como os alunos percebem e respondem à ação pedagógica dos professores. Portanto, não há outra maneira para conseguirmos realizar nosso estudo que não seja a gravação de aulas. Após as filmagens, vamos convidar alguns alunos(as) e professores(as) para entrevistas. Se você se sentir esclarecido(a) sobre as informações a seguir e disposto(a) a participar desta pesquisa, por favor, assine ao final deste documento. Ele está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

O objetivo deste estudo é investigar processos de desenvolvimento de conceitos em Física, em atividades colaborativas, envolvendo habilidades e estratégias de raciocínio que decorrem da participação em atividades escolares que já fazem parte de suas aulas de Física. A sua participação na pesquisa consiste em ser gravado(a) em áudio e em vídeo durante aulas normais de Física. Na primeira parte da pesquisa analisaremos as gravações. Com base nos resultados dessa análise poderemos convidar alguns alunos(as) e professores(as) para participarem de entrevistas estimuladas na segunda parte da pesquisa. Uma entrevista estimulada é uma situação em que uma cena é mostrada para uma pessoa, ou um grupo de pessoas, e um pesquisador faz perguntas. Se você permitir, vamos escolher cenas das gravações de seu grupo e apresentá-las durante entrevistas estimuladas. Com as entrevistas estimuladas poderemos melhorar nosso entendimento de quais fatores interferem positivamente e negativamente no desenvolvimento da atividade e no desenvolvimento de conceitos. As cenas serão escolhidas com muito cuidado para que não haja qualquer prejuízo ou constrangimento para você. Além de gravações, suas anotações e seu histórico escolar poderão ser usados durante a pesquisa.

O título do projeto é “*Apropriação de significados de conceitos de física na cultura escolar*”. Sou João Paulino Vale Barbosa, aluno de doutorado, pesquisador participante corresponsável por esta pesquisa. O pesquisador orientador, principal responsável pela pesquisa, é Arnaldo de Moura Vaz. Caso queira conversar conosco pessoalmente, pode nos encontrar de segunda à sexta-feira de 08:00h às 17:00h no endereço destacado abaixo de nossas assinaturas neste documento, ou pelos telefones lá indicados. Estamos à sua disposição para qualquer tipo de esclarecimento a qualquer momento, antes e durante a pesquisa.

Você é livre para escolher participar ou não. Se preferir não participar, não haverá qualquer prejuízo para você, ou qualquer forma de retaliação. Se você der sua autorização, saiba que fica mantido seu direito de retirar esse assentimento a qualquer momento sem necessidade de apresentar justificativa e sem qualquer prejuízo para você. Mais informações sobre a participação voluntária em pesquisas da Universidade Federal de Minas Gerais podem ser obtidas com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – COEP UFMG. Você pode entrar em contato com o COEP pelo telefone (31) 3409-4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar – Campus Pampulha – Belo Horizonte – MG – CEP: 31270-901.

Em todas as gravações e informações sobre você uma sequência de números e de letras substituirá seu nome. Todas elas serão mantidas guardadas em um lugar seguro, em segredo. Nenhuma outra pessoa além dos pesquisadores poderá conhecer qualquer informação que temos sobre você sem a sua autorização. As gravações e informações podem ser usadas para a avaliação da pesquisa. Membros do Comitê de Ética podem revisá-las. Você tem direito de acesso a seus dados a qualquer momento. Pretendemos arquivar esses dados em um banco de dados protegido sob responsabilidade do pesquisador principal para que possam ser utilizados em outras pesquisas que sejam registradas no COEP. Gostaríamos de fazer isso para que não seja preciso interferir em outras aulas. Caso você não concorde com o arquivamento dos dados para utilização em outra pesquisa basta assinalar no campo reservado para isso, ao final deste documento, logo após a sua assinatura. Neste caso, os registros de sua participação serão destruídos após o encerramento dessa pesquisa.

Os resultados da pesquisa serão publicados em dissertações, teses, relatórios, artigos e eventos da área de educação. Porém, seu nome ou informações que mostrem sua identidade não aparecerão de forma alguma. Garantimos que não há risco de que as informações lhe prejudiquem, inclusive em termos de autoestima e prestígio.

Há ainda que se fazer referência aos tipos de risco decorrentes dessa pesquisa. Eles são de dois tipos. O primeiro está relacionado à realização de gravações em áudio e vídeo das aulas, que podem ocasionar incômodo e constrangimento em alunos e professores. Quanto a isso, além da avaliação e revisão permanente dos procedimentos de pesquisa, haverá o cuidado de desenvolver estratégias de coleta de dados, primeiro, que minimizem a perturbação causada pela entrada em sala; e segundo, que garantam que a perturbação, já que ela é inevitável, tenha interferência positiva. Em vista do risco dos equipamentos de filmagem constrangerem alguns alunos, quando fizermos filmagens, a sala de aula será preparada antes da entrada dos estudantes. Para que os participantes não se sintam vigiados ou incomodados com a presença de câmeras e gravadores em sala de aula, procuraremos instalar e operar os equipamentos de modo discreto. Vamos reservar pontos fora do campo visual das câmeras para todo aluno que não quiser ser filmado. Só serão gravados grupos em que todos membros se sintam confortáveis com a gravação. Caso a perturbação no ambiente natural dos pesquisados comprometa sua aprendizagem, seu relacionamento com os pares ou os coloque em situação de constrangimento, a pesquisa ou alguns dos procedimentos metodológicos serão interrompidos. Isso inclui até mesmo desligar os equipamentos e apagar gravações já realizadas. Pode, também, haver o temor de que o acesso do professor às gravações comprometa sua avaliação ou a relação entre eles. Quanto a isso, para que não haja qualquer dúvida, assumimos o compromisso de que, enquanto lecionar para os alunos voluntários, o professor não terá acesso às gravações, sob nenhuma hipótese. O segundo tipo de risco associado à condução da pesquisa envolve os voluntários entrevistados. Durante uma entrevista estimulada por vídeo ou fotos os participantes podem se sentir desconfortáveis ou constrangidos em discorrer sobre suas impressões ou percepções sobre a dinâmica das aulas ou sobre as ações do professor. Para minimizar esse desconforto os participantes serão esclarecidos sobre os objetivos das sessões de entrevista, terão garantido seu direito de autorizar a utilização somente das informações que aprovarem e de desistir da participação a qualquer momento.

A pesquisa também traz benefícios. O benefício em participar de uma aula filmada é individual e difuso. O benefício individual ocorre porque os grupos observados tendem a realizar as atividades com maior cuidado. Por isso, conseguem um bom rendimento. O benefício difuso ocorre porque a turma como um todo se torna mais bem comportada e dedicada às aulas, situação que favorece a aprendizagem. Além disso, as aulas e práticas de laboratório poderão ser melhoradas em função dos resultados dessa pesquisa. O benefício em participar das entrevistas se dá de modo que alunos e professores que assistirem trechos das filmagens terão a oportunidade de viver uma situação nova que também envolve aprendizagem. Ao assistirem o trabalho desenvolvido durante as atividades perceberão os avanços e dificuldades enfrentadas, podendo entendê-las melhor.

Pesquisador principal
Prof. Dr. Arnaldo de Moura Vaz

E-mail: arnaldo@coltec.ufmg.br
Telefone: (31) 3409-4952 - Fax: (31) 3409-4963
Universidade Federal de Minas Gerais

Colégio Técnico - Setor de Física – sala 255
 Av. Antônio Carlos, 6627 - CEP 31.710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

E-mail: jpaulinovale@coltec.ufmg.br
 Telefone: (31) 3409-4955 - Fax: (31) 3409-4963
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física – sala 249
 Av. Antônio Carlos, 6627 - CEP 31.710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

 Pesquisador participante
 João Paulino Vale Barbosa

ASSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO PARTICIPANTE

Eu li e tive oportunidade de discutir com os investigadores responsáveis pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que eu posso interromper minha participação na pesquisa a qualquer momento sem dar qualquer satisfação. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste termo de assentimento. Eu tive oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas. Eu receberei uma cópia assinada e datada deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

 Local e data

 (Nome por extenso)

 (Assinatura)

Autoriza o arquivamento dos dados? () sim () não

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO AOS PAIS

Convidamos seu(sua) filho(a) a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa educacional. Pedimos permissão para observá-lo(a) e filmá-lo(a) em aulas normais de Física. Precisamos observar atividades em que os alunos colaboram para resolver problemas. Daremos atenção à maneira como o aluno contribui para a solução de cada problema colocado. Também buscamos conhecer como os alunos percebem e respondem à ação pedagógica dos professores. Portanto, não há outra maneira para conseguirmos realizar nosso

estudo que não seja a gravação de aulas. Após as filmagens, vamos convidar alguns alunos(as) e professores(as) para entrevistas. Se você se sentir esclarecido(a) sobre as informações a seguir e autorizar a participação dele(a) nesta pesquisa, por favor dê seu consentimento no campo reservado para isso, no final deste documento. Ele está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

O objetivo deste estudo é investigar processos de desenvolvimento de conceitos em Física em atividades colaborativas, envolvendo habilidades e estratégias de raciocínio que decorrem da participação em atividades escolares que já fazem parte da organização curricular do curso de Física. A participação dos alunos(as) na pesquisa consiste em serem gravados(as) em áudio e em vídeo durante aulas normais de Física. Na primeira parte da pesquisa analisaremos as gravações. Com base nos resultados dessa análise convidaremos alguns alunos(as) e professores(as) para participarem de entrevistas estimuladas na segunda parte da pesquisa. Uma entrevista estimulada é uma situação em que uma cena é mostrada para uma pessoa, ou um grupo de pessoas, e um pesquisador faz perguntas. Se você permitir, vamos escolher cenas das gravações do grupo de seu(sua) filho(a) e apresentá-las durante entrevistas estimuladas. Com as entrevistas estimuladas poderemos melhorar nosso entendimento dos fatores que interferem positivamente e negativamente no desenvolvimento da atividade e no desenvolvimento de conceitos. As cenas serão escolhidas com muito cuidado para que não haja qualquer prejuízo ou constrangimento para os(as) alunos(as). Além de gravações, os resultados de avaliações, anotações diversas e o histórico escolar do seu filho poderão ser usados durante a pesquisa.

O título do projeto é “*Apropriação de significados de conceitos de física na cultura escolar*”. Sou João Paulino Vale Barbosa, aluno de doutorado, pesquisador participante corresponsável por esta pesquisa. O pesquisador orientador, principal responsável pela pesquisa, é Arnaldo de Moura Vaz. Caso queira conversar conosco pessoalmente, pode nos encontrar de segunda à sexta-feira de 08:00h às 17:00h no endereço destacado abaixo de nossas assinaturas neste documento, ou pelos telefones lá indicados. Estamos à sua disposição para qualquer tipo de esclarecimento a qualquer momento, antes e durante a pesquisa.

Você é livre para autorizar a participação de seu(sua) filho(a) ou não. Se preferir não autorizar, não haverá, em hipótese alguma, qualquer prejuízo para ele. Se você der sua autorização, saiba que está garantido o direito de retirar esse consentimento a qualquer momento sem necessidade de se justificar e sem que haja qualquer prejuízo para seu filho. Mais informações sobre a participação voluntária em pesquisas da Universidade Federal de Minas Gerais podem ser obtidas com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – COEP UFMG. Você pode entrar em contato com o COEP pelo telefone (31) 3409-4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar – Campus Pampulha – Belo Horizonte – MG – CEP: 31270-901.

Em todas as gravações e informações sobre os(as) voluntários(as) uma sequência de números e de letras substituirá o nome deles. Todas elas serão mantidas guardadas em um lugar seguro, em segredo. Nenhuma outra pessoa além dos pesquisadores poderá conhecer qualquer informação que temos sobre os(as) voluntários(as) sem que eles próprios autorizem. As gravações e informações podem ser usadas para a avaliação da pesquisa. Membros do Comitê de Ética podem revisá-las. Os voluntário(as) têm direito de acesso aos próprios dados a qualquer momento. Pretendemos arquivar esses dados em um banco de dados protegido sob responsabilidade do pesquisador principal para que possam ser utilizados em outras pesquisas que sejam registradas no COEP. Gostaríamos de fazer isso para que não seja preciso interferir em outras aulas. Caso você não concorde com o arquivamento dos dados para utilização em outra pesquisa basta assinalar no campo reservado para isso, ao final deste documento, logo após a sua assinatura. Neste caso, os registros de sua participação serão destruídos após o encerramento dessa pesquisa.

Os resultados da pesquisa serão publicados em dissertações, teses, relatórios, artigos e eventos da área de educação. Porém, o nome ou informações que mostrem a identidade dos(as) voluntários(as) não aparecerão de forma alguma. Garantimos que não há risco de que as informações prejudiquem os(as) voluntários(as), inclusive em termos de autoestima e prestígio.

Há ainda que se fazer referência aos tipos de risco decorrentes dessa pesquisa. Eles são de dois tipos. O primeiro está relacionado à realização de gravações em áudio e vídeo de aulas regulares, que podem ocasionar incômodo e constrangimento. Quanto a isso, além da avaliação e revisão permanente dos procedimentos de pesquisa, haverá o cuidado de desenvolver estratégias de coleta de dados, primeiro, que minimizem a perturbação causada pela entrada em sala, segundo, que garantam que a perturbação, já que ela é inevitável, tenha interferência positiva. Em vista do risco dos equipamentos de filmagem constrangerem alguns alunos, quando fizermos filmagens, a sala de aula será preparada antes da entrada dos estudantes. Para que os participantes se não sintam vigiados ou incomodados com a presença de câmeras e gravadores em sala de aula, procuraremos instalar e operar os equipamentos de modo discreto. Vamos reservar pontos fora do campo visual das câmeras para todo aluno que não quiser ser filmado. Só serão gravados grupos em que todos membros se sintam confortáveis com a gravação. Caso a perturbação no ambiente natural dos pesquisados comprometa sua aprendizagem, seu relacionamento com os pares ou os coloque em situação constrangimento, a pesquisa ou alguns dos procedimentos metodológicos serão interrompidos. Isso inclui até mesmo desligar os equipamentos e apagar gravações já realizadas. Pode, também, haver o temor de que o acesso do professor às gravações comprometa sua avaliação ou a relação entre eles. Quanto a isso, para que não haja qualquer dúvida, assumimos o compromisso de que, enquanto lecionar para os alunos voluntários, o professor não terá acesso às gravações. O segundo tipo de risco associado à condução da pesquisa envolve os voluntários entrevistados. Durante uma entrevista estimulada por vídeo ou fotos os participantes podem se sentir desconfortáveis ou constrangidos em discorrer sobre suas impressões ou percepções sobre a dinâmica das aulas ou sobre as ações do professor. Para minimizar esse desconforto os participantes serão esclarecidos sobre os objetivos das sessões de entrevista, terão garantido seu direito de autorizar a utilização somente das informações que aprovarem e de desistir da participação a qualquer momento.

A pesquisa pode também trazer benefícios. O benefício em participar de uma aula filmada é individual e difuso. O benefício individual ocorre porque os grupos observados tendem a realizar as atividades com maior cuidado. Por isso, conseguem um bom rendimento. O benefício difuso ocorre porque a turma como um todo se torna mais bem comportada e dedicada às aulas, situação que favorece a aprendizagem. Além disso, as aulas e práticas de laboratório poderão ser melhoradas em função dos resultados dessa pesquisa. O benefício em participar das entrevistas se dá de modo que alunos e professores que assistirem trechos das filmagens terão a oportunidade de viver uma situação nova que também envolve aprendizagem. Ao assistirem o trabalho desenvolvido durante as atividades perceberão os avanços e dificuldades enfrentadas, podendo entendê-las melhor.

Pesquisador principal
 Prof. Dr. Arnaldo de Moura Vaz
 E-mail: arnaldo@coltec.ufmg.br
 Telefone: (31) 3409-4952 - Fax: (31) 3409-4963
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física
 Av. Antônio Carlos, 6627 - CEP 31.710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

Pesquisador participante
 João Paulino Vale Barbosa
 E-mail: jpaulinovale@coltec.ufmg.br
 Telefone: (31) 3409-4955 - Fax: (31) 3409-4963
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física
 Av. Antônio Carlos, 6627 - CEP 31.710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO PARTICIPANTE

Eu li e compreendi os detalhes descritos neste documento. Entendo que sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a participação de meu(minha) filho(a) na pesquisa a qualquer momento sem dar qualquer satisfação. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi as informações apresentadas neste termo de consentimento. Estou ciente de que posso me comunicar com os responsáveis pela pesquisa a qualquer momento e esclarecer eventuais dúvidas. Declaro também que estou recebendo uma cópia assinada e datada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Local e data

(Nome por extenso)

(Assinatura)

Responsável pelo(a) menor: _____

Grau de parentesco: _____ Autoriza o arquivamento dos dados? () sim () não

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PROFESSORES

Convidamos você a participar, como voluntário(a), em uma pesquisa educacional. Pedimos permissão para observar e filmar você e seus alunos(as) em aulas normais de Física. Precisamos observar atividades em que os alunos colaboram para resolver problemas. Daremos atenção à maneira como o aluno contribui para a solução de cada problema colocado. Também buscamos conhecer como os alunos percebem e respondem à ação pedagógica dos professores. Portanto, não há outra maneira para conseguirmos realizar nosso estudo que não seja a gravação de aulas. Também buscamos conhecer como os alunos percebem e respondem à sua ação pedagógica. Portanto, não há outra maneira para conseguirmos realizar nosso estudo que não seja a gravação de aulas. Após as filmagens, poderemos convidar você e alguns alunos(as) para entrevistas. Se você se sentir esclarecido(a) sobre as informações a seguir e disposto(a) a participar desta pesquisa, por favor, assine ao final deste documento. Ele está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável.

O objetivo deste estudo é investigar processos de desenvolvimento de conceitos em Física em atividades colaborativas, envolvendo habilidades e estratégias de raciocínio que decorrem da participação em atividades escolares que já fazem parte da organização curricular do curso de Física. Sua participação na pesquisa consiste em ser gravado em áudio e em vídeo durante aulas normais de Física. Na primeira parte da pesquisa analisaremos as gravações. Com base nos resultados dessa análise poderemos convidá-lo a participar de

entrevistas estimuladas na segunda parte da pesquisa. Uma entrevista estimulada é uma situação em que uma cena é mostrada para uma pessoa, ou um grupo de pessoas, e um pesquisador faz perguntas. Com as entrevistas estimuladas poderemos melhorar nosso entendimento dos fatores que interferem positivamente e negativamente no desenvolvimento da atividade e no desenvolvimento de conceitos.

O título do projeto é “*Apropriação de significados de conceitos de física na cultura escolar*”. Sou João Paulino Vale Barbosa, aluno de doutorado, pesquisador participante corresponsável por esta pesquisa. O pesquisador orientador, principal responsável pela pesquisa, é Arnaldo de Moura Vaz. Caso queira conversar conosco pessoalmente, pode nos encontrar de segunda à sexta-feira de 08:00h às 17:00h no endereço destacado abaixo de nossas assinaturas neste documento, ou pelos telefones lá indicados. Estamos à sua disposição para qualquer tipo de esclarecimento a qualquer momento, antes e durante a pesquisa.

Você é livre para escolher participar ou não. Se preferir não participar, não haverá qualquer prejuízo para você. Se você der o seu consentimento, permanece o direito de retirar esse consentimento a qualquer momento sem necessidade de apresentar qualquer justificativa e sem que haja prejuízo para você. Mais informações sobre a participação voluntária em pesquisas da Universidade Federal de Minas Gerais podem ser obtidas com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais – COEP UFMG. Você pode entrar em contato com o COEP pelo telefone (31) 3409-4592 ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar – Campus Pampulha – Belo Horizonte – MG – CEP: 31270 901.

Em todas as gravações e informações sobre você uma sequência de números e de letras substituirá seu nome. Todas elas serão mantidas guardadas em um lugar seguro, em segredo. Nenhuma outra pessoa além dos pesquisadores poderá conhecer qualquer informação que temos sobre você sem a sua autorização. As gravações e informações podem ser usadas para a avaliação da pesquisa, membros do Comitê de Ética podem revisá-las. Você tem direito de acesso a seus dados a qualquer momento. Pretendemos arquivar esses dados em um banco de dados protegido sob responsabilidade do pesquisador principal para que possam ser utilizados em outras pesquisas que sejam registradas no COEP. Gostaríamos de fazer isso para que não seja preciso interferir em outras aulas. Caso você não concorde com o arquivamento dos dados para utilização em outra pesquisa basta assinalar no campo reservado para isso, ao final deste documento, logo após a sua assinatura. Neste caso, os registros de sua participação serão destruídos após o encerramento dessa pesquisa.

Os resultados da pesquisa serão publicados em dissertações, teses, relatórios, artigos e eventos da área de educação. Porém, seu nome ou informações que mostrem sua identidade não aparecerão de forma alguma. Garantimos que não há risco de que as informações lhe prejudiquem, inclusive em termos de autoestima e prestígio.

O risco em participar de uma aula filmada reside na possibilidade de distração e constrangimento que a entrada em sala de aula de pesquisadores e equipamentos de filmagem pode provocar. Avaliaremos e revisaremos de modo permanente os procedimentos de pesquisa de modo a minimizar os efeitos adversos. A pesquisa ou alguns dos procedimentos metodológicos serão interrompidos caso a perturbação no ambiente natural dos pesquisados comprometa o processo de ensino-aprendizagem, cause situação de grave constrangimento ou seja solicitada interrupção pelos participantes. O risco em participar de entrevista estimulada por vídeo ou fotos reside na possibilidade do participante se sentir desconfortável ou constrangido em discorrer sobre suas impressões ou percepções sobre a dinâmica das aulas. Para minimizar esse desconforto, os participantes serão esclarecidos sobre os objetivos das sessões de entrevista, terão garantido seu direito de autorizar a utilização somente das informações que aprovarem e de desistir da participação a qualquer momento.

O benefício em participar de uma aula filmada é individual e difuso. O benefício individual ocorre porque os grupos observados realizam as atividades com maior cuidado. Por isso, conseguem um bom rendimento. O benefício difuso ocorre porque a turma como um todo se torna mais bem comportada e dedicada às aulas, situação que favorece a aprendizagem. Além disso, as aulas e práticas de laboratório poderão ser melhoradas em função dos resultados dessa pesquisa. O benefício em participar das entrevistas se dá de

modo que alunos e professores que assistirem trechos das filmagens terão a oportunidade de viver uma situação nova que também envolve aprendizagem. Ao assistirem o trabalho desenvolvido durante as atividades perceberão os avanços e dificuldades enfrentadas, podendo entendê-las melhor.

Pesquisador principal
 Prof. Dr. Arnaldo de Moura Vaz
 E-mail: arnaldo@coltec.ufmg.br
 Telefone: (31) 3409-4952 - Fax: (31) 3409-4963
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física
 Av. Antônio Carlos, 6627 - CEP 31.710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

Pesquisador participante
 João Paulino Vale Barbosa
 E-mail: jpaulinovale@coltec.ufmg.br
 Telefone: (31) 3409-4955 - Fax: (31) 3409-4963
 Universidade Federal de Minas Gerais
 Colégio Técnico - Setor de Física
 Av. Antônio Carlos, 6627 - CEP 31.710-180.
 Belo Horizonte - Minas Gerais

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO PARTICIPANTE

Eu li e tive oportunidade de discutir com os investigadores responsáveis pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que eu posso interromper minha participação na pesquisa a qualquer momento sem dar qualquer satisfação. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste termo de consentimento. Declaro que tive oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas. Eu receberei uma cópia assinada e datada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Local e data

(Nome por extenso)

(Assinatura)

Autoriza o arquivamento dos dados? () sim () não

