

AS ARTICULAÇÕES DOS DOMÍNIOS DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO EM UMA AULA DE LABORATÓRIO DE FÍSICA

ARTICULATIONS OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE DOMAINS IN A PHYSICS LABORATORY CLASS

Natan Trovó Lino

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências,
Universidade de São Paulo, SP, Brasil
natan.lino@usp.br

Fábio Alessandro Baldacci

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências,
Universidade de São Paulo, SP, Brasil
fabio.baldacci@usp.br

Lúcia Helena Sasseron

Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada, Faculdade de
Educação, Universidade de São Paulo, SP, Brasil
sasseron@usp.br

Resumo

Apresentamos neste trabalho uma análise de como estudantes universitários articulam os domínios conceitual, epistêmico, social e material do conhecimento científico enquanto argumentam entre si durante a resolução de problemas em uma aula de laboratório de Física. A coleta destas informações ocorreu em aulas práticas de laboratório sobre tópicos de eletricidade, sob uma abordagem investigativa. As aulas foram desenvolvidas com alunos do 3º ano do curso de Engenharia de Materiais de uma universidade pública estadual e gravadas em áudio e vídeo. Investigamos alguns episódios ocorridos na primeira prática, buscando evidências de envolvimento com os domínios do conhecimento científico através do discurso dos estudantes. Discutimos ainda como o caráter investigativo da prática permitiu uma maior interação entre os estudantes e uma movimentação, não necessariamente linear, entre os domínios do conhecimento científico.

Palavras chave: Domínios do Conhecimento Científico, Ensino de Ciências por Investigação, Laboratório de Física, Ensino Superior.

Abstract

In this study we present an analysis of how university students articulate the conceptual, epistemic, social and material domains of scientific knowledge while arguing with each other during problem solving in a Physics laboratory class. The collection of this information took place in practical laboratory classes on electricity topics, under an investigative approach. The

classes were developed with students from the 3rd year of the Materials Engineering course at a public state university and recorded in audio and video. We investigated some episodes that occurred in the first practice, looking for evidence of involvement with the domains of scientific knowledge through the students discourse. We also discussed how the investigative character of the practice allowed for greater interaction between students and a movement, not necessarily linear, between the domains of scientific knowledge.

Key words: Domains of Scientific Knowledge, Inquiry-based Science Teaching, Physics Laboratory, Higher Education.

Introdução

Estudos acerca do desenvolvimento conceitual, no Ensino de Ciências, têm mudado sua ênfase da investigação dos esquemas cognitivos dos indivíduos para os estudos do discurso interativo e a co-construção de conceitos na linguagem natural (CARLSEN, 2003). Com isso surge a necessidade de encontrar novas ferramentas e novos métodos capazes de analisar e documentar a linguagem falada e seu contexto (LEMKE, 1990).

Para Maloney e Simon (2006) é necessário investigar como os indivíduos desenvolvem seus conhecimentos, para que seja possível fazer recomendações de como melhorar, por exemplo, suas habilidades de argumentação. Dessa forma, permitir que os alunos dialoguem entre si em atividades científicas se faz muito importante.

Aprender ciências supõe, entre outras coisas, aprender a construir e a avaliar explicações com base em evidências. A avaliação do conhecimento a partir de evidências faz parte do trabalho científico. Assim, é fundamental promover ambientes favoráveis para que os estudantes se envolvam nas práticas da ciência.

De acordo com Duschl (2008), a incorporação e avaliação da aprendizagem de ciências em contextos educacionais devem, ainda, se concentrar nos domínios (integrados) do conhecimento científico: domínio conceitual, domínio epistêmico e domínio social. Stroupe (2015), ainda apresenta um quarto domínio (ou dimensão), o domínio material, relacionado ao uso de ferramentas, tecnologias e outros recursos para apoiar o trabalho intelectual.

Neste trabalho, a partir da gravação de aulas práticas de laboratório sob uma abordagem investigativa, pretendemos responder à seguinte pergunta de pesquisa: *Como estudantes argumentam entre si, quando organizados em pequenos grupos, e articulam os quatro domínios do conhecimento científico: domínio conceitual, domínio epistêmico, domínio social e domínio material?*

Pesquisar como estes estudantes interagem para a resolução de um problema poderá trazer contribuições interessantes acerca de como os indivíduos constroem e legitimam o conhecimento.

Domínios do Conhecimento Científico

Ao pesquisar sobre Educação em Ciências, Duschl (2008) apresentou um equilíbrio entre os objetivos da aprendizagem das ciências em contextos educacionais, relacionados aos domínios conceitual, epistêmico e social do conhecimento científico.

Franco e Munford (2020), ao discutirem os domínios apresentados por Duschl, relacionam o *Domínio Conceitual* às explicações científicas sobre o mundo natural (bem como o corpo de conhecimentos que representa tais explicações). Constitui-se, em outras

palavras, dos tópicos conceituais como teorias, princípios, leis e ideias que são usadas pelos sujeitos.

Por sua vez, o *Domínio Epistêmico* é a base filosófica pela qual os sujeitos decidem o que sabem e porque estão convencidos de que sabem. Refere-se ao “uso de critérios epistêmicos que a comunidade científica utiliza para construir o conhecimento” (FRANCO; MUNFORD, 2020, p. 690), como, por exemplo, processos de coleta de dados e reflexões sobre eles, construção e interpretação de evidências a partir dos dados para explicar os fenômenos, elaborar explicações alternativas à luz da análise de evidências (argumentar), entre outros.

O *Domínio Social* está relacionado às oportunidades de compreender os diferentes processos e contextos sociais que moldam como o conhecimento científico é comunicado, representado, argumentado e debatido. Ou seja, pode ser entendido como a maneira que os sujeitos concordam com as normas e rotinas para lidar, desenvolver, criticar e usar ideias.

Posteriormente, Stroupe (2015) apresenta ainda um quarto domínio (ou *dimensão*) do conhecimento científico, o *Domínio Material*: como os sujeitos criam, adaptam e usam ferramentas, tecnologias e outros recursos materiais para apoiar o trabalho intelectual da prática científica.

Metodologia e Contexto de Pesquisa

Em vista das características do trabalho pretendido, entendemos que o mesmo se caracteriza como uma pesquisa de cunho qualitativo (LÜDKE; ANDRÉ, 2013).

As informações que servem de dados para esta pesquisa fazem parte do corpus do grupo de pesquisa do LaPEF – Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da FEUSP.

A coleta destas informações ocorreu em aulas práticas de laboratório sobre tópicos de eletricidade. Estas aulas foram desenvolvidas com alunos do 3º ano do curso de Engenharia de Materiais de uma universidade pública estadual. Ao longo do semestre letivo, ocorreram seis práticas de laboratório, baseadas no *Tutorials in Introductory Physics* (McDERMOTT; SHAFFER, 2002), em que os estudantes são apresentados a problemas que precisam ser resolvidos. Houve adaptação do material para que as perguntas pudessem ser ainda mais abertas, no intuito de aumentar o grau de investigação da proposta (CARVALHO, 2018).

Todas as práticas de laboratório foram gravadas em áudio e vídeo. A dinâmica de aula foi a mesma em todas as práticas: os alunos trabalharam em trios, com pouca interferência do professor, uma vez que este se limitava a apresentar a atividade e a sanar dúvidas dos grupos que solicitassem. Os gravadores de áudio e vídeo estavam posicionados de modo a acompanhar o trabalho de quatro grupos ao longo de todo o semestre letivo. Todos os participantes assinaram termos de consentimento livre e esclarecido informando anuência em participar deste processo.

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, transcrevemos as discussões ocorridas em um dos grupos durante a realização das atividades e as analisamos em busca de evidências de articulação em práticas dos domínios conceitual, epistêmico, social e material, relacionando-as com a forma de organização da sala de aula analisada.

Dessa forma, entendemos que nossa pesquisa também se caracteriza como um estudo de caso. De acordo com Gonsalves (2007), “estudo de caso é o tipo de pesquisa que privilegia um caso particular, uma unidade significativa, considerada suficiente para análise de um fenômeno” (p. 69).

Uma análise desse tipo pode ajudar a identificar os recursos da interação e a natureza do envolvimento entre os alunos.

Resultados e Discussão

Para este trabalho, apresentamos a análise de alguns episódios ocorridos em um dos trios durante a realização da primeira prática de laboratório. Nela os estudantes resolviam os problemas a eles apresentados pelo Livro de Práticas (CATUNDA; COSTA; SANCHES, 2019), que continha, ao todo, seis práticas de laboratório, cada qual abarcando diferentes experimentos, relacionados a diferentes tópicos conceituais de Física.

A partir da leitura dos tópicos e conteúdos sistematizados no Livro de Práticas, identificamos os objetivos que se esperava que os alunos atingissem em cada etapa da atividade. Além disso, relacionamos as atividades das práticas de laboratório e seus objetivos com os domínios do conhecimento científico (DUSCHL, 2008; STROUPE, 2015; FRANCO; MUNFORD, 2020).

Apresentamos nas tabelas 1 e 2, a transcrição de discussões em que os alunos se envolveram com diferentes objetivos relacionados aos tópicos “III. Circuitos em Paralelo” e “V. Curto-Circuito” do Livro de Práticas: (a) Identificar que a corrente da fonte aumenta quando mais componentes (lâmpadas) são ligados em paralelo, e (b) Identificar como colocar um componente em curto-circuito, respectivamente.

Tabela 1: Quadro de Interações 1 – Envolvimento com o tópico “III. Circuitos em Paralelo”. Objetivo: (a) Identificar que a corrente da fonte aumenta quando mais componentes (lâmpadas) são ligados em paralelo.

Linha	Falante	Fala	Observações
1	Tobias	Nossa, podia ter isso no ensino médio mesmo, né? Muito ruim de entender como funciona esses negócios	
2	Léia	“Como a corrente da fonte irá variar se o número de lâmpadas conectadas em paralelo aumentarem?”. A corrente vai aumentar?	<i>Trecho lido do livro entre aspas</i>
3	Tobias	Sim, né?	
4	Léia	Quanto maior o número de lâmpadas...	
5	Oswaldo	Tá viciada nisso	
6	Léia	É. Ela tá com o brilho menorzinho, ó	
7	Tobias	Eu acho que é só impressão. Assim...	
8	Oswaldo	É. Eu acho que é impressão também	
9	Léia	Tá. E da onde vem esse aumento da corrente?	
10	Tobias	Da diminuição da resistência	
11	Oswaldo e Léia	Ah...	
12	Tobias	Porque lembra, tipo...	
13	Léia	Faz sentido	
14	Oswaldo	Você lê muito rápido. Tá no 220	
15	Léia	Mas tem muita coisa	
16	Tobias	É, tem muita coisa	
17	Léia	Tá. “O que vocês podem inferir a respeito do comportamento da resistência total do circuito com o	<i>Trecho lido do livro entre aspas</i>

		aumento do número de lâmpadas em paralelo?”	
18	Oswaldo	A resistência diminui?	
19	Léia	A resistência diminui. Tá. Quer dizer que a corrente daqui é independente desse e independente dessa?	<i>Pergunta ao grupo se a corrente total é independente das correntes dos ramos do circuito em paralelo – composto por duas lâmpadas e uma fonte de tensão</i>
20	Tobias	A voltagem. Não, a corrente. É a corrente	
21	Léia	Mas faz sentido? Eu não sei se faz sentido na minha cabeça. Porque tipo, a corrente daqui, vai depender desse e desse	<i>Aponta que a corrente total depende das correntes de cada ramo</i>
22	Tobias	Vamos supor, a corrente dessa só atua nessa aqui e a dessa aqui só nessa aqui	
23	Léia	Tá. Pode crê. Bom, vamos pensar	

Fonte: Os autores (2021)

Os turnos apresentados neste primeiro episódio (Quadro de Interações 1), revelam o envolvimento dos alunos na prática referente a “Circuitos em Paralelo”, bem como o envolvimento do grupo com diferentes domínios do conhecimento.

As articulações entre os domínios, neste caso, ocorreram quando conhecimentos do domínio conceitual [*concepções da primeira lei de Ohm: aumento da corrente total do circuito, quando o número de componentes em paralelo aumenta, devido à diminuição da resistência equivalente*] foram mobilizados por Tobias¹, enquanto os estudantes se engajavam em uma prática do domínio material [*uso do aparato experimental para coleta de dados a serem analisados*] e epistêmico [*constrói seu argumento fazendo uso de dados para sustentar uma afirmação, relacionando a observação da intensidade do brilho das lâmpadas, quando mais lâmpadas são adicionadas em paralelo no circuito, com a afirmação de que a corrente total aumenta, pois a resistência total diminui (Linha 10)*], processo gerado por meio de uma prática relacionada ao domínio social [*uma intervenção e negociação na construção coletiva da afirmação*]. Destacamos, ainda, a capacidade de Tobias em relacionar a prática com as aulas do Ensino Médio (Linha 1), etapa em que o *Domínio Conceitual* se faz muito presente.

Diferente de Tobias, os alunos Oswaldo e Léia não partiram do *Domínio Conceitual* para a construção coletiva do conhecimento, mas sim de práticas do *Domínio Material*, *Epistêmico* e *Social* para, então, relacioná-las com o *Domínio Conceitual*. As alegações de Tobias foram importantes para que os demais alunos, a partir do *Domínio Social*, se envolvessem com o *Domínio Conceitual* e o articulassem com os domínios material e epistêmico – os quais Léia e Oswaldo estavam engajados. Construir uma afirmação coletivamente significou utilizar e mobilizar os diferentes domínios do conhecimento entre os alunos.

Tabela 2: Quadro de Interações 2 – Envolvimento com o tópico “V. Curto-Circuito”.

Objetivo: (b) Identificar como colocar um componente em curto-circuito.

Linha	Falante	Fala	Observações
24	Léia	“Registrem por escrito as suas previsões e/ou do grupo e justificativas. O que ocorre com o brilho das lâmpadas A, B e C quando a chave (Ch) é fechada?”	<i>Trecho lido do livro, referente ao circuito da figura 1, ilustrado abaixo</i>
25	Oswaldo	Agora eu não sei mais nada	
26	Léia	Nada. Pra mim nada	

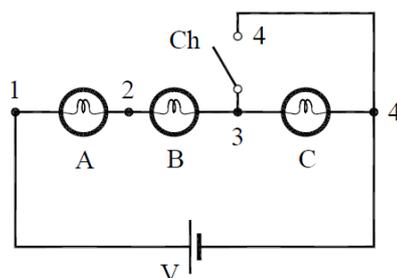
¹Os nomes reais dos alunos foram substituídos por nomes fictícios: Oswaldo, Léia e Tobias.

27	Oswaldo	Ah é. Porque ela não passa por aqui	<i>Através do fio que coloca a lâmpada "C" em curto-circuito</i>
28	Léia	É. Não é?	
29	Oswaldo	Então, mas ela vai vir por aqui...	<i>Reavalia e alega que o ramo que a corrente irá percorrer será através do fio que coloca a lâmpada "C" em curto-circuito</i>
30	Tobias	Nossa, mas aqui ela vai ficar em curto, não vai?	
31	Oswaldo	É, porque ela vai querer vir pra cá, não é? Ela não vai querer passar por aqui	<i>Aponta para o fio que ele julga ser o caminho mais provável da corrente, depois aponta para a lâmpada "C", estimando o caminho por onde a corrente não passará</i>
32	Léia	Por que que ela vai querer vir pra cá?	<i>Através do fio que coloca a lâmpada "C" em curto-circuito</i>
33	Oswaldo	Porque a resistência diminui	
34	Tobias	Porque é nula a resistência	
35	Léia	Então não vai acender nenhuma	
36	Tobias	Não vai acender a "C"	
37	Oswaldo	Ah, e as... E não vai acender nenhuma então, não é?	<i>Referindo-se quando a chave está aberta</i>
38	Tobias	Porque ela só dá a volta e vem pra cá	
39	Oswaldo	Ah tá, entendi, entendi. É quando você fecha a chave, né?	
40	Léia	Ah tá, mas quando tá aberta?	
41	Tobias	Ah, quando tá aberta?	
42	Oswaldo	Nenhum	
43	Léia	Não acende nenhuma?	
44	Tobias	Acho que quando tá aberto acende todas	
45	Léia	Ah tá	

Fonte: Os autores (2021)

O circuito ao qual o grupo se refere no trecho da tabela 2 é o mesmo da figura 1, onde os alunos trabalham o conceito de curto-circuito. Neste trecho podemos identificar, mais uma vez, a importância da negociação de significados (FRANCO; MUNFORD, 2020), ao se engajarem no *Domínio Social*, para que os alunos, enquanto grupo, cheguem à definição de curto-circuito.

Figura 1: Esquema do circuito com três lâmpadas em série e uma chave para curto-circuito.



Fonte: Catunda, Costa e Sanches (2019)

Neste segundo episódio (Quadro de Interações 2), Oswaldo faz ponderações importantes para a resolução do problema (lido por Léia na Linha 24), às quais Léia e Tobias ainda não haviam concluído – ao relacionar, por exemplo, que a corrente tende a percorrer o ramo onde a resistência é menor. Notamos, ainda, que Tobias apresenta marcas de aspectos do *Domínio Conceitual*, quando complementa a fala de Oswaldo alegando ser nula a resistência do fio que coloca a lâmpada “C” em curto-circuito (Linha 34), ao invés de considerá-la desprezível mediante aos demais componentes do circuito. É comum, nas aulas de Ensino Médio, que professores de Física desconsiderem (ou “desprezem”) alguns fatores para a análise de fenômenos físicos, como: resistência do ar, dissipação de energia e, também, a resistência elétrica de fios condutores. Como já mencionado por Tobias na Linha 1, ele relaciona a prática em que estão envolvidos com as aulas do Ensino Médio, onde muitas vezes são feitas discussões baseadas em sistemas ideais.

Em contrapartida, ao passo que Tobias parte da *Dimensão Conceitual* para a dimensão *Material, Epistêmica e Social*, Oswaldo e Léia fazem um percurso diferente. Oswaldo, a partir da manipulação do circuito e da coleta de dados (*Dimensão Material*), faz alegações condizentes com a definição esperada que eles cheguem (*Dimensão Epistêmica*), de curto-circuito, e negocia esse significado com os demais integrantes do grupo (*Domínio Social*).

No caso da Léia, é possível perceber que ela está envolvida com o *Domínio Material*, além do *Social*, mas ainda não o articulou, nesta etapa, com os domínios *Epistêmico e Conceitual*, como mostra o Quadro de Interações 3, instantes depois, quando alega na Linha 47, que não sabe se “colocou em curto circuito” pois apenas seguiu o modelo da apostila (Figura 1).

Tabela 3: Quadro de Interações 3 – Envolvimento com o tópico “V. Curto-Circuito”.
Objetivo: (b) Identificar como colocar um componente em curto-circuito.

Linha	Falante	Fala	Observações
46	Oswaldo	Aqui você colocou em curto circuito?	<i>Ainda sobre o circuito da figura 1</i>
47	Léia	É... É... Não... Não sei... Eu só coloquei que nem tá aqui. Porque tá vendo ó, vem pra cá, aí tem primeiro a lâmpada aqui, aí tem as outras lâmpadas, aí depois vem pra cá, vem... Tem uma chave que liga aqui. Tá certo, né?	
48	Oswaldo	Ah, aqui tão em série, né?	
49	Tobias	Sim	

Fonte: Os autores (2021)

A partir de determinadas intervenções do professor e dos monitores também é possível notar o caráter investigativo desta prática. Apresentamos na tabela 4 uma das intervenções que explicita a postura de um dos monitores na hora de abordar uma atividade investigativa.

Tabela 4: Quadro de Interações 4.

Linha	Falante	Fala
50	Monitor	Você que tá redigindo o relatório aí?
51	Oswaldo	Aham
52	Monitor	O Professor, a única coisa que ele falou, é pra fazer assim, é... Ah, você vai fazer hoje o relatório. Na semana que vem faz outro. Ou vocês vão fazer um relatório só e cada um faz um pedaço. Que aí todo mundo participa

Fonte: Os autores (2021)

Quando o monitor observa a dinâmica de discussão do grupo nesta atividade e identifica que existe apenas um dos integrantes fazendo determinada ação (Oswaldo elaborando a redação do relatório a ser entregue pelo grupo ao final da aula), propõe uma

alteração dessa organização para as práticas futuras (que o grupo reveze entre si, a cada atividade, aqueles que irão redigir o relatório a ser entregue). O que vai permitir que esse aluno possa experimentar os outros domínios do conhecimento (como, por exemplo, o *Domínio Material*) é justamente essa mudança da dinâmica do grupo.

Considerações Finais

Ao pesquisar como estudantes universitários interagem durante a resolução de problemas em uma aula de laboratório de física, identificamos como se apresentam os domínios do conhecimento científico e quais as suas possíveis relações.

Durante a aula analisada observamos que os estudantes do grupo percorreram diferentes caminhos ao longo da prática, ora se envolvendo mais com o domínio conceitual, ora com ações do domínio epistêmico, social ou material, mostrando não haver, necessariamente, uma linearidade para a articulação entre os domínios.

O caráter investigativo da atividade permitiu uma interação constante entre os membros do grupo. Tais interações foram fundamentais para que os estudantes se engajassem no domínio social e pudessem, ao argumentarem entre si, engajar uns aos outros nos demais domínios, aos quais estavam mais envolvidos nos diferentes momentos da aula.

Em atividades de ensino por investigação, o diálogo e a argumentação entre os estudantes não somente são permitidos como também são necessários. Trabalhar a argumentação, junto com estes domínios, significou desenvolver práticas importantes para a construção do conhecimento. Os indivíduos, ao se engajarem com a argumentação e os domínios do conhecimento científico, estarão mais familiarizados com o fazer científico, mais críticos e mais reflexivos.

Agradecimentos e Apoios

Ao CNPq, pelo financiamento dos autores, e aos colegas do LaPEF (USP).

Referências

CATUNDA, Tomaz; COSTA, Gláucia Grüninger Gomes; SANCHES, Victor Travagin. **Laboratório de Física Geral III** livro de práticas: eletricidade e magnetismo. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2019.

CARLSEN, William. Language and science learning. *In*: ABELL, Sandra; LEDERMAN, Norman (Eds.), **Handbook of research on science education**, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2003.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Rev. Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

DUSCHL, Richard. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. **Review of Research In Education**, v. 32, p. 268-291, 2008.

FRANCO, Luiz Gustavo; MUNFORD, Danusa. O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e

Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. **Rev. Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. u, p. 687-719, 2020.

GONSALVES, Elisa Pereira. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP: Alinea, 2007.

LEMKE, Jay. **Talking Science: Language, learning, and values**. Norwood, NJ: Ablex, 1990.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Rio de Janeiro: EPU, 2013.

MALONEY, Jane; SIMON, Shirley. Mapping Children's Discussions of Evidence in Science to Assess Collaboration and Argumentation. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1817-1841, 2006.

McDERMOTT, Lilian; SHAFFER, Peter. **Tutorials in Introductory Physics**. Seattle, Washington: Prentice Hall, 2002.

STROUPE, David. Describing “Science Practice” in Learning Settings. **Science Education**, v.99, n. 6, p. 1033-1040, 2015.