

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM EDUCAÇÃO**

CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA

**FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR
NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE
HEDEGAARD**

**GOIÂNIA
2020**

CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA

**FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR
NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE
HEDEGAARD**

Tese apresentada à Banca Examinadora de Defesa do Programa de Pós-Graduação em Educação, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Educação, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas.

Linha de Pesquisa: Teorias da Educação e Processos Pedagógicos.

Área de Concentração: Educação e Sociedade.

GOIÂNIA

2020

B333f Batistella, Carmes Ana da Rosa

Física no ensino médio : ensino-aprendizagem do conceito calor na concepção da teoria de Davydov com contribuições de Hedegaard / Carmes Ana da Rosa Batistella.-- 2020.
253 f.: il.

Texto em português, com resumo em inglês

Tese (doutorado) -- Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Formação de Professores e Humanidades, Goiânia, 2020

Inclui referências: f. 181-190

1. Didática. 2. Física - Estudo e ensino. 3. Ensino médio. 4. Ensino - Metodologia. I. Freitas, Raquel A. Marra da Madeira - (Raquel Aparecida Marra da Madeira). II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás - Programa de Pós-Graduação em Educação - 2020. III. Título.

CDU: 37.016:53(043)



**PUC
GOIÁS**



FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD

Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, aprovada em 24 de junho de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas / PUC Goiás

Profa. Dra. Rejane Maria Ribeiro Teixeira / UFRGS

Prof. Dr. André Luiz Araújo Cunha / IF Goiano

Profa. Dra. Beatriz Aparecida Zanatta / PUC Goiás

Prof. Dr. José Carlos Libâneo / PUC Goiás

Prof. Dr. Duclci Aparecido de Freitas Vaz / PUC Goiás

Profa. Dra. Sandra Valéria Limonta Rosa / UFG

AGRADECIMENTOS

“[...] o que eu sou,
Eu sou em par,
Não cheguei sozinho [...]”
(Lenine)

A citação acima remete meu pensamento a Deus e a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização do curso de Pós-graduação na PUC Goiás. Foram meses de intenso estudo e de longas viagens, em que vivenciei inúmeros momentos de desesperança em relação à conclusão do estudo. Por outro lado, em número muito mais significativo, houve muitos momentos de alegria, que atribuo à aprendizagem angariada e, também, às confraternizações com professores e doutorandos.

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me fortalecido para que eu enfrentasse os momentos de *solitude* e descrença, inerentes ao processo que atravessei, e que, embora árduos, ao final me tornaram uma pessoa mais forte e resiliente.

À Professora e Doutora, Raquel A. Marra da Madeira Freitas, pelo privilégio de ter aceitado ser minha orientadora. Foi de suma importância contar com a confiança que depositou em mim, não obstante soubesse da dificuldade que se encontrava à frente. Seus ensinamentos teóricos e sua dedicação ao projeto são inspiração que levo com muito apreço para minha vida acadêmica.

A meu esposo, Volnei, a nossos filhos, Fhelipe e Bruno, e às minhas noras, Sabrina e Patrícia, por terem sido o alicerce emocional que me possibilitou ir sempre adiante, mesmo nos momentos em que sentia minhas forças esmorecerem. A vocês, que prestaram suporte às minhas escolhas e decisões, todo meu carinho e gratidão.

A todos os meus familiares, que foram compreensivos e não apenas souberam entender minha ausência, como também foram assíduos em prestar apoio à minha jornada. Em especial, aos meus irmãos Lucia e Carlos e suas respectivas famílias, que foram interlocutores de muitos desabafos e, ao mesmo tempo, proferiram tantas palavras encorajadoras para que eu chegasse até aqui.

À professora Me. Julia Damasceno e à minha sobrinha Bárbara, por terem sido tão prestativas, tanto oferecendo ideias para a melhoria dos textos, quanto me auxiliando a melhor compreendê-los.

Aos professores Doutores do Programa de Pós-graduação *stricto sensu* em Educação da PUC/Goiás, pelas valorosas contribuições ao longo do curso. Não citarei nomes, já que todos foram igualmente importantes para meu crescimento profissional e pessoal. Foi realmente um privilégio ter convivido com vocês por mais de três anos!

A todos os colegas professores-pesquisadores do Curso de Doutorado em Educação da PUC/Goiás, pelos bons momentos de convívio, em que pudemos compartilhar as dores e alegrias de uma experiência tão rica como aquela que vivíamos.

À Elaine e à Ivanildes, amigas tão queridas, que facilitaram minhas estadas em Goiânia, além de comigo terem compartilhado tantos momentos de descontração.

Aos professores da banca do exame de qualificação da PUC Goiás: Dra. Raquel A. M. M. Freitas, Dra. Beatriz A. Zanatta e Dr. José Carlos Libâneo e, da UFRGS: Dra. Rejane M. R. Teixeira, pelas valiosas contribuições, incorporadas à escrita final da tese.

Aos professores pesquisadores da Universidade Federal do Tocantins do Campus de Gurupi, em especial: Grasieli, Ana, Leandra, Mônica, Marcio, Pedro, Douglas, Jair e Tavares, que motivaram de formas diversas minha busca por qualificação e ampliação de meus conhecimentos científicos.

À Diretoria da Instituição Pública Federal que abriu as portas para a realização desta pesquisa, à professora da disciplina Física, que participou da pesquisa, muito obrigada pela acolhida e apoio.

Ao professor colaborador, que não mediu esforços para ensinar os alunos durante as aulas do experimento didático-formativo. Muito obrigada!

Aos 22 alunos do Ensino Médio integrado a um dos Cursos Técnico, por terem aceitado participar da pesquisa e pelo agradável convívio, bem como a seus pais, pela autorização concedida a fim de que seus filhos participassem da pesquisa.

À Capes pela bolsa pro-doutoral concedida a partir de maio de 2019.

Por fim, gostaria de agradecer a todos que, embora indiretamente, e por menor que tenha sido sua contribuição, ajudaram na construção desta tese. Aqui, agradeço aos corpos administrativos das universidades a que tive acesso por conta desta pesquisa, e, com maior razão, àquele pertencente à minha Universidade de origem: a UFT.

Absolutamente toda ajuda teve sua importância para que eu chegasse até aqui. Concluo esta experiência muito satisfeita com os resultados obtidos, mas ciente de que, embora eu tenha alcançado valorosas respostas e mesmo contribuído para a construção de novos saberes e dúvidas, o estudo é algo inacabado, que requer sempre novos aprimoramentos. Ele é, contudo, compensador.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Tereza de Calcutá).

RESUMO

BATISTELLA, Carmes A. da R. **Física no Ensino Médio:** ensino-aprendizagem do conceito calor na concepção da teoria de Davydov com contribuições de Hedegaard. 2020. Tese (Doutorado em Educação)- Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação - PPGE, Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC Goiás. Goiânia, 2020.

Esta tese aborda o ensino da disciplina Física, no Ensino Médio, tendo como foco um método de ensino que atua na formação do pensamento do aluno nessa disciplina. Pesquisas sobre o tema mostram que alunos do Ensino Médio aprendem pouco na disciplina Física, apontando as formas de organização do ensino como um dos fatores que estão na origem desse problema. Desse modo, a pesquisa buscou responder a seguinte questão: a adoção de princípios do ensino desenvolvimental em uma atividade de estudo, tal como propõem Davydov e Hedegaard, contribui para mudanças qualitativas na aprendizagem e desenvolvimento dos alunos? O objetivo geral da pesquisa foi analisar as mudanças qualitativas ocorridas na aprendizagem dos alunos, mediante o ensino de um conceito da disciplina de Física, por meio de um experimento didático-formativo. O estudo foi realizado em uma instituição pública federal de ensino, localizada no estado de Goiás, com vinte e dois alunos. Para a coleta de dados, foram utilizados os seguintes instrumentos: questionário, entrevistas semiestruturadas, observação das aulas com registro em vídeo e tarefas realizadas pelos alunos. A análise, com abordagem qualitativa, buscou apontar indícios de mudanças no método de pensamento dos alunos em relação ao conceito Calor. Os resultados permitiram identificar que: dos vinte e dois alunos participantes do experimento didático-formativo, oito demonstraram mudanças qualitativas representadas por indícios de um processo de formação do conceito teórico Calor e treze alunos demonstraram indícios de mudanças no pensamento que caracterizaram a formação de uma zona de desenvolvimento proximal em relação ao conceito estudado. Observaram-se, também, mudanças na qualidade da participação dos alunos durante as aulas, expressas pelo envolvimento deles nas tarefas e pela formulação de perguntas mais elaboradas. Concluiu-se que os aportes teóricos de Davydov e de Hedegaard fornecem diversas contribuições para efetivar melhorias no ensino-aprendizagem de Física, destacando-se a atitude dos alunos como sujeitos no processo de aprendizagem e o movimento de constituição de um pensamento conceitual do tipo dialético. Para o ensino de Física no Ensino Médio, essa perspectiva teórico-metodológica possibilita que, ao aprenderem fenômenos da Física, os alunos adquiram um método teórico de pensamento que contribui para sua capacidade de ação objetiva transformadora das suas relações com a realidade natural, social e pessoal.

Palavras-chave: Didática. Ensino desenvolvimental. Experimento didático-formativo. Ensino de Física. Ensino médio.

ABSTRACT

This thesis approaches the teaching of Physics in High School, focusing a teaching method which leads students to think in this school subject. Studies about this topic show that High School students learn a few things in Physics, pointing out the teaching organization as one of the causes to originate this problem. Thus, this study tried to answer the following question: does the adopting developmental teaching principles in a study activity exactly the way proposed by Davydov and Hedegaard contribute to qualitative changes in students' learning and development? The general objective in this study was to analyze the qualitative changes occurred in the students' learning, facing the teaching concept of Physics through a didactic-formative experiment. The study, which was carried out at a public school in Goiás State, was compound of twenty-two students. To collect data, the following tools were used: a questionnaire, semi-structured interviews, classes watched and filmed, and tasks carried out by the students. The analysis which had a qualitative approach tried to point out signs of changes in students' way of thinking in relation to Heat concept. The results allowed to conclude that: of the twenty two students participating in the didactic-formative experiment, eight showed qualitative changes represented by evidences of the theoretical Heat concept formation, and thirteen students showed evidences of thinking changes which characterized a proximal development area formation in relation to the concept studied. It was also observed that students had better participation in class. This was expressed by their engagement in tasks and by the high quality of questions asked. It was concluded that the theoretical tribute of Davydov and Hedegaard provides several contributions to boost the teaching-learning of Physics, mainly the students' behavior as subjects in the learning process and in the perspective of constituting a conceptual thinking of dialectical nature. To teach Physics in High School this theoretical-methodological perspective enables the students to acquire a theoretical thinking method while learning Physics phenomena. This contributes to their capacity of reaching objective behavior changing their relationship with a natural, social and personal reality.

Key words: Didactic. Developmental teaching. Didactic-formative experiment. Physics teaching. High School.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema conceitual Calor.....	88
Figura 2 – Modelo da relação universal do calor do grupo G1	151
Figura 3 – Modelo da relação universal do calor do grupo G2	152
Figura 4 – Modelo da relação universal do calor do grupo G3	154
Figura 5 – Modelo final da relação universal do Calor	156

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Periodização do desenvolvimento psíquico proposto por Elkonin.....	65
Quadro 2 – Síntese do conhecimento expresso pelos alunos sobre Calor.....	136
Quadro 3 – Grupos de estudo da ação 1	139
Quadro 4 – Hipóteses referentes ao problema de aprendizagem.....	141
Quadro 5 – Grupos de estudo da ação 2	149
Quadro 6 – Grupos de estudo da ação 3	158
Quadro 7 – Grupos de estudo da ação 4	162
Quadro 8 – Síntese das correções dos alunos referente ao texto “10 dicas para enfrentar o Calor”	163
Quadro 9 – Síntese ilustrativa das respostas dos alunos na tarefa diagnóstica e na tarefa final do ensino desenvolvimental	170

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNS	Conselho Nacional de Saúde
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
EPICA	Escola para formação de Pilotos destinada a Militares.
EsM	<i>Just-in-Time Teaching</i> (Ensino sob Medida)
IBCC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
IFG	Instituto Federal Goiano
INEP	Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IpC	<i>Peer Instruction</i> (Instrução pelos Colegas)
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
MEC	Ministério da Educação
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PISA	Programme for International Student Assessment (Programa Internacional para Avaliação dos Alunos)
PSSC	Physical Science Study Committee
PUC	Pontifícia Universidade Católica
Qualis	Conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação
RPG	<i>Role Playing Game</i> (Representação pedagógica; jogo de papéis)
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica.
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	13
1	OS PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: UMA REVISÃO DA LITERATURA	24
1.1	ASPECTOS METODOLÓGICOS DA REVISÃO DE LITERATURA	24
1.2	OS PRINCIPAIS PROBLEMAS DISCUTIDOS EM RELAÇÃO AO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	26
1.2.1	Dificuldades de aprendizagem	26
1.2.2	Metodologias de ensino	30
1.2.3	Formação de professores	34
1.3	CONTRIBUIÇÕES E LACUNAS DAS PESQUISAS SOBRE ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	36
1.4	ESTUDOS SOBRE ENSINO DE FÍSICA NA CONCEPÇÃO DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL	39
2	A TEORIA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL FORMULADA POR DAVYDOV- CONCEITOS BALIZADORES DA PESQUISA	44
2.1	ALGUNS CONCEITOS DA TEORIA DE VYGOTSKY COM IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO E O ENSINO	44
2.1.1	Constituição social da mente humana mediada pela cultura	44
2.1.2	O processo de internalização das funções psicológicas	50
2.1.3	Zona de desenvolvimento proximal (ZDP)	54
2.1.4	Formação de conceitos	56
2.2	ATIVIDADE E DESENVOLVIMENTO HUMANO	59
2.2.1	Atividade humana	60
2.2.2	Periodização do desenvolvimento psíquico humano	63
2.3	A TEORIA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL FORMULADA POR DAVYDOV	66
2.3.1	A formação do pensamento teórico no ensino	68
2.3.2	Método da ascensão do abstrato ao concreto	73
2.3.3	A atividade de estudo	76
2.4	CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD PARA O ENSINO DESENVOLVIMENTAL	78
3	O CONCEITO CALOR	87
3.1	A IMPORTÂNCIA DA APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR	87
3.2	CALOR COMO CONTEÚDO: ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS OFICIAIS PARA O ENSINO MÉDIO	92
3.3	OS PROBLEMAS RELATADOS NA LITERATURA CIENTÍFICA EM RELAÇÃO AO ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR	94
3.4	UMA ANÁLISE DE CONCEITOS DA FÍSICA COMO BASE PARA A PROPOSIÇÃO DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL	97
3.4.1	Uma compreensão do movimento lógico e histórico de constituição do conceito Calor no campo da Física	98
4	A FORMAÇÃO DO CONCEITO CALOR POR ALUNOS DO ENSINO MÉDIO	105
4.1	O MÉTODO DA PESQUISA: O EXPERIMENTO DIDÁTICO-FORMATIVO	105
4.1.1	O local da pesquisa e os procedimentos de coleta de dados	111
4.1.2	Caracterização do campo da pesquisa	115
4.1.3	O Professor colaborador	117
4.1.4	Os estudantes do Ensino Médio	119

4.2	O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR POR MEIO DA ATIVIDADE DE ESTUDO.....	129
4.2.1	Tarefa diagnóstica para identificar o nível real de conhecimento sobre Calor... 130	130
4.2.2	Ações da tarefa para estudo e formação do conceito teórico Calor.....	137
4.2.2.1	<i>Investigação e descoberta da relação universal do conceito Calor</i>	<i>137</i>
4.2.2.2	<i>Construção do modelo da relação universal do conceito Calor.....</i>	<i>148</i>
4.2.2.3	<i>Transformação do modelo da relação geral de Calor para aprofundar sua compreensão.....</i>	<i>157</i>
4.2.2.4	<i>Análise e solução de problemas particulares utilizando a relação geral do Calor... 161</i>	<i>161</i>
4.2.2.5	<i>Controle (ou monitoramento) da realização das ações anteriores.....</i>	<i>165</i>
4.2.2.6	<i>Avaliação da aprendizagem para verificar a formação do conceito teórico do Calor</i>	<i>168</i>
4.2.2.7	<i>Resolução do problema do produtor rural apresentado no início da atividade de estudo</i>	<i>173</i>
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	175
	REFERÊNCIAS	181
	APÊNDICE A – Questionário Socioeconômico dos estudantes.....	191
	APÊNDICE B – Roteiro de entrevista semiestruturada com o professor	193
	APÊNDICE C – Roteiro de entrevista semiestruturada com os estudantes.....	195
	APÊNDICE D – Roteiro de observação direta não participante das aulas de Física	197
	APÊNDICE E – Tarefa diagnóstica	199
	APÊNDICE F – Plano de ensino desenvolvimental do conceito Calor	202
	APÊNDICE G – Tarefas de aprendizagem da 1ª ação	209
	APÊNDICE H – Tarefa de aprendizagem da 2ª ação.....	213
	APÊNDICE I – Tarefas de aprendizagem da 4ª ação.....	217
	APÊNDICE J – Quadro sociocultural dos estudantes (parte 1)	220
	APÊNDICE K – Quadro sociocultural dos estudantes (parte 2).....	222
	ANEXO A – Declaração de instituição coparticipante.....	224
	ANEXO B – Declaração de autorização para gravação de áudio e vídeo.....	225
	ANEXO C – Termo de consentimento livre e esclarecido do docente.....	226
	ANEXO D – Termo de consentimento livre e esclarecido dos responsáveis.....	229
	ANEXO E – Termo de assentimento dos estudantes	233
	ANEXO F – Parecer substanciado do Comitê de Ética da PUC Goiás.....	235
	ANEXO G – Parecer substanciado do Comitê de Ética do IFG.....	239

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa delimita-se no campo teórico da didática abordando o ensino na disciplina Física, contextualizado no Ensino Médio. O foco da problematização deste tema recai sobre a qualidade da aprendizagem e a formação do pensamento do aluno nesta disciplina.

O motivo e a necessidade de realização desta pesquisa estiveram também fortemente relacionados à minha inquietação em relação à pouca eficiência do ensino-aprendizagem de Física na escola pública brasileira. Tal constatação deu-se pela experiência em sala de aula, no ensino desta disciplina, desde 1981, quando ingressei como professora do magistério estadual no Rio grande do Sul e, desta data em diante os esforços foram se acentuando na busca por um ensino de qualidade. Ao longo do tempo, surgiu a compreensão de que o bom ensino requer que ele seja contextualizado e faça sentido para os estudantes aprenderem o que é ensinado, de modo que os conteúdos da disciplina deixem de ser um fardo para tornarem-se agradáveis e desejáveis. O trabalho nas escolas rio-grandenses se estendeu até o ano de 2012, com experiências em escolas públicas nos níveis fundamental, médio e técnico agrícola.

Ao mesmo tempo, ciente da importância da formação pedagógica, didática e especificamente no campo da Física, realizei mudanças no ensino respaldadas pela qualificação em licenciaturas curta em Ciências e plena em Física na Universidade de Ijuí/RS, pela especialização em Física na Universidade de Passo Fundo – RS e pelo Mestrado Profissional em Ensino de Física na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A partir de 2014, ingressei como professora do magistério superior na Universidade Federal do Tocantins, para lecionar Física. Nesse momento, surgiu o motivo aliado à necessidade de buscar qualificação para prover melhorias no ensino, tendo em vista que especialistas da área têm investigado o ensino e demonstrado que os resultados não são bons.

Então, no ano de 2017, com o ingresso no curso de Doutorado em Educação na Pontifícia Universidade Católica de Goiás, as preocupações com a qualidade do ensino de Física, particularmente no Ensino Médio, tornam-se ressaltadas, agora dentro de um contexto acadêmico e de busca investigativa. Essa busca adquiriu um caráter teórico, marcado pela oportunidade de conhecimento de duas teorias de ensino: a de Davydov e a de Hedegaard.

Inicialmente, surgiu a oportunidade de conhecer mais e de modo aprofundado a teoria histórico-cultural do psicólogo russo Lev S. Vygotsky. A partir da Teoria histórico-cultural, foi conseqüente o acesso à teoria de Davydov (1982, 1988, 1999) e de Hedegaard (2002, 2007, 2008, 2011) e Hedegaard *et al* (2001, 2005, 2008). Estes pesquisadores, inseridos na

vertente histórico-cultural, herdeira do pensamento vygotskiano, apresentam a formulação teórica e metodológica do ensino, considerando a articulação entre o caráter epistemológico, social e histórico dos objetos de conhecimento, o caráter social e histórico da formação da consciência dos alunos e o método de ensino.

A teoria de ensino desenvolvimental foi formulada por Davydov a partir das premissas desenvolvidas por Vygotsky e por Leontiev, objetivando estruturar o ensino de modo a promover o desenvolvimento da personalidade do estudante de forma integral, por meio da formação do pensamento teórico (para ele, sinônimo de pensamento crítico-dialético). Sua ideia é fundamentada no modo como os estudantes aprendem e tem possibilidades de proporcionar a formação do homem autônomo e capaz de analisar a realidade de forma crítica e em sua totalidade, tendo em vista agir para transformá-la (LIBÂNEO; FREITAS, 2017).

Na perspectiva de Davydov (1982, 1988, 1999), os conteúdos de aprendizagem escolar devem ser apresentados aos alunos de modo a requerer deles um modo teórico de pensamento, fundamentado na concepção materialista dialética de conhecimento. Esse trabalho se realiza por meio da organização do ensino, tendo como aspecto fundamental a tarefa de estudo.

Hedegaard (2002, 2005, 2008, 2011) e Hedegaard *et al* (2001, 2005, 2008), apoiando-se nos pressupostos teóricos de Davydov, agregaram a essa teoria elementos que ressaltam o vínculo entre ensino e práticas socioculturais dos alunos. A autora realça a importância de despertar nos estudantes motivos impulsionadores da participação ativa no processo de ensino-aprendizagem, por meio do duplo movimento no ensino. Esse movimento consiste na articulação do conhecimento local dos alunos com as relações conceituais nucleares do conteúdo, de modo a favorecer que o aluno adquira o conhecimento teórico a ser utilizado em sua prática de vida. Assim, surgiu o interesse em investigar que mudanças poderiam ocorrer no ensino de Física ao se incorporar princípios das teorias de Davydov e de Hedegaard. Para tanto, optei por “Calor”, conceito nuclear do tópico da Física denominado termologia e Termodinâmica.

Hewitt apresenta a Física como uma ciência “que versa sobre coisas fundamentais, como o movimento, as forças, a energia, a matéria, ‘o calor’, o som, a luz e o interior dos átomos” (HEWITT, 2002, p. 39, grifo nosso). O ensino desses conceitos na disciplina de Física, segundo Rosa e Rosa (2012), sofreu influências de outros países, entre eles os Estados Unidos (EUA) que, no final da década de 1950, deram início a uma corrida ao desenvolvimento científico tecnológico que originou a denominada “Era dos Projetos”, e que se difundiu pela América Latina, chegando ao Brasil, cuja finalidade primeira foi a de formar jovens cientistas para a defesa da hegemonia na corrida pelo domínio espacial e, em seguida,

passaram a ser utilizados também para capacitar indivíduos para o trabalho no contexto do processo de industrialização. Entre os projetos desenvolvidos em Física, o mais difundido foi o Projeto Physical Science Study Committee - PSSC, por apresentar avanços na forma de realização dos experimentos, passando de simples demonstrações para experimentos com a participação do aluno no seu desenvolvimento. Professores foram treinados para auxiliar os alunos a usarem manuais de procedimentos, que explicitavam como executar o experimento demonstrando as leis e os princípios a serem comprovados. Desse modo, os professores formaram uma visão acrítica e tecnicista do ensino de Física, que se mantém até hoje (ROSA; ROSA, 2012).

De acordo com Moreira (2000, p. 94), o PSSC “era um projeto curricular completo, com materiais instrucionais educativos inovadores e uma filosofia de ensino de Física, destacando procedimentos físicos e a estrutura da Física”. Assim, outros projetos foram surgindo, entretanto, não tiveram vida longa porque “os projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar a Física [...], pouco ou quase nada disseram sobre como aprender-se-ia essa mesma Física” (MOREIRA, 2000, p. 95).

No início da década de 1970, foram instaurados no país os primeiros cursos de pós-graduação em ensino de Física (USP e UFRGS), proporcionando aos professores e pesquisadores a reflexão sobre as práticas pedagógicas nas escolas. Assim, despertou-se a preocupação com o meio ambiente, com os seres vivos e com os efeitos do armamento nuclear. Entretanto, o ensino de Física manteve-se arraigado ao ensino voltado à informação, sem vínculo com as concepções modernas de ensino¹ (ROSA; ROSA, 2012).

No final do século XX, ocorreu uma reforma na estrutura e na organização do sistema de ensino nacional, promovidos pela LDB 9394/96 que, segundo Francisco Filho citado por Rosa e Rosa (2012), sofreu influências das teorias de Piaget e de Vygotsky. A reforma foi realizada por membros do Ministério da Educação (MEC) que elaboraram os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM com função de operacionalizar a proposta da LDB para esse segmento de ensino.

No entendimento de Rosa e Rosa (2012), o documento (PCNEM) objetiva a superação do ensino de Física desenvolvido nas escolas, recheado por conceitos, leis e fórmulas que são tratados de forma desarticulada em relação ao mundo vivido pelos alunos e pelo professor,

¹ As concepções modernas de ensino não são citadas pelos autores, podendo ser consideradas concepções alternativas, seguidas do estudo de mudanças conceituais e hodiernamente com investigações que abordam variadas metodologias, nem sempre com fundamentação teórica.

com insistência na automatização de resolução de problemas e na memorização. Os autores sintetizam esse período contemporâneo:

[...] a LDB, os PCNEM e seus correlatos, apontam para um novo ensino de Física, cuja essência está em conferir habilidades úteis, tanto para os que pretendem continuar seus estudos, como para aqueles que, após o Ensino Médio, entrarão para o mercado de trabalho (ROSA; ROSA, 2012, p. 11-12)

Moreira (2000) destaca que pesquisadores e professores, há décadas, têm proposto inovações e contribuições a partir das seguintes vertentes “Física do cotidiano”, o “equipamento de baixo custo”, a “ciência, tecnologia e sociedade”, a “história e filosofia da ciência”, a “Física contemporânea” e “novas tecnologias”. O autor adverte que cada uma das vertentes tem seu valor, mas tem também limitações e prejuízos ao ensino de Física quando aplicadas de forma isolada e exemplifica com a Física no cotidiano, justificando que se constitui em uma contradição uma vez que na escola o que se quer é livrar-se da Física do dia a dia, não no sentido literal da palavra, uma vez que pesquisadores da escola científica de Vygotsky afirmam que conhecimentos cotidianos são necessários para alavancar o ensino-aprendizagem de conhecimentos científicos.

Hodiernamente, um dos indícios de ausência da compreensão do fenômeno estudado é o fato de que, em geral, os alunos não passam a utilizá-los em sua vida cotidiana. A Física permanece sendo ensinada de um modo que não faz sentido para o aluno, pois não contempla um processo intelectual “de descoberta do mundo natural e de suas propriedades, uma apropriação desse mundo através de uma linguagem que nós, humanos, podemos compreender” (GLEISER, 2000, p. 4). Desse modo, é possível que os estudantes não desenvolvam, com o conhecimento da Física, uma relação de aprendizagem que lhes permita compreender a origem e a transformação dos conceitos que aprendem, nem consigam incorporá-los em suas práticas de vida.

Do ponto de vista da didática, predominam procedimentos de ensino caracterizados por cálculos tratados de uma forma que geralmente não promove a compreensão do aluno, com linguagem inacessível a ele e com excessiva preocupação com avaliações, sendo estas limitadas à averiguação da capacidade de memorizar informações e aplicar fórmulas e cálculos matemáticos na resolução de problemas (MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008).

No âmbito da atual política educacional brasileira, está em curso a estratégia de controle escolar, por meio de avaliações frequentes do desempenho dos alunos. Essa

estratégia é concretizada por meio do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb)², que visa subsidiar a formulação, a reformulação e o monitoramento de políticas públicas educacionais (BRASIL, 2015). Além do Saeb, há uma avaliação específica do desempenho de estudantes ao final do Ensino Médio, o Enem, que tem sido utilizada para o ingresso de estudantes no ensino superior e, para avaliar a qualidade de ensino com objetivos semelhantes à avaliação internacional Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa). Ambas as avaliações não se restringem a avaliar o desempenho de alunos em Português e Matemática, avançando para uma análise do rendimento nos demais componentes curriculares do Ensino Médio, incluindo conteúdos de Física.

Embora as avaliações nacionais e internacionais sejam padronizadas e os resultados sejam interpretados e indicadores de políticas educacionais desconsiderando fatores que interferem em tais resultados, tais como os contextos social, cultural, econômico dos avaliados, a qualificação de professores, entre outros, todos são indicadores da necessidade de mudanças no ensino aprendizagem dos estudantes e devem ser considerados pelos pesquisadores da área, o que não significa aceitar políticas educacionais que se restrinjam à análise da qualidade da educação somente pelos resultados desse formato de avaliação.

Marcom e Kleinke (2016, p. 87) analisaram os distratores³ mais assinalados pelos estudantes nas questões de Física nas provas do Enem, referentes ao período de 2009 a 2012, e identificaram “um conjunto grande de erros presentes no conhecimento escolar desses candidatos”. Esse estudo mostra que, mais do que não aprender física, os estudantes do ensino médio podem estar adquirindo conhecimentos dessa matéria de forma equivocada.

Nessa mesma perspectiva investigativa, Barroso *et al.* (2018) realizaram a análise de 12 questões selecionadas das provas de Ciências da natureza, especificamente de Física, do Enem, no período de 2009 a 2014, e o estudo revelou dificuldades permanentes na compreensão de conceitos básicos de fenômenos físicos, entre eles os térmicos. Os autores constataram que “a escolha pelos estudantes de alguns desses distratores revela que conceitos básicos de mecânica, fenômenos térmicos e ótica geométrica não são aprendidos pela maioria

² O Saeb compõe-se de avaliações em larga escala operadas em três formatos: Avaliação Nacional da Educação Básica (Aneb), que abrange leitura e matemática, sendo aplicada a estudantes do 5º e do 9º anos do Ensino Fundamental, bem como do 3º ano do Ensino Médio, das redes públicas e privadas do país; Avaliação Nacional do Rendimento Escolar (Anresc) – Também denominada Prova Brasil, que abrange leitura e matemática, sendo aplicada a estudantes do 5º e 9º anos do Ensino Fundamental de escolas públicas das redes municipais, estaduais e federal; a Avaliação Nacional da Alfabetização (ANA), que avalia níveis de alfabetização e letramento em língua portuguesa, alfabetização em matemática e condições de oferta do Ciclo de Alfabetização das redes públicas, sendo aplicada a estudantes do 3º ano do Ensino Fundamental das escolas públicas.

³ O termo distratores, em uma avaliação de múltipla escolha, refere-se à alternativa errada com erros comuns ao assunto. As alternativas são elaboradas a partir de itens contendo habilidades, portanto, mesmo consideradas erradas, elas podem conter parcialmente aspectos ou dados da resposta correta.

dos concluintes do ensino médio” (BARROSO *et al.*, 2018, p. 22, grifo nosso). O que significa dizer que os alunos concluem o Ensino Médio e permanecem com concepções não científicas dos conceitos básicos da Física.

Os estudantes brasileiros participam, também, do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa)⁴, exame que ocorre a cada três anos e dele participam alunos com idades entre 15 anos e 3 meses e 16 anos e 2 meses, a maioria matriculados no Ensino Médio. O último Pisa, realizado em 2015, teve o resultado divulgado em dezembro de 2016. Naquele ano, o foco do Pisa foi Ciências e o resultado da avaliação, realizada pelos alunos de escolas brasileiras junto a outros alunos de 71 países, mostrou que 56,6% dos alunos tiveram desempenho abaixo do nível básico em Ciências, o que posicionou o país na 63ª posição entre 72 países (BRASIL, 2019). Além disso, os resultados evidenciam que o desempenho dos alunos em Ciências está praticamente estagnado desde 2006.

Há que se considerar, entretanto, que, embora a avaliação internacional Pisa aponte o que é considerado como baixo desempenho, trata-se de uma avaliação em larga escala com objetivos que não incidem sobre aspectos qualitativos da aprendizagem dos estudantes. É um exame focado em *ranking* e seus resultados são pouco úteis para a tomada de decisões em políticas educacionais porque apresenta várias limitações, entre elas não considerar a complexidade, a diversidade e a contextualização dos alunos e dos conhecimentos (GORUR, 2016). Além de seu viés economicista, a abordagem de conhecimentos, requeridos nos testes em ciências, não permite a visão adequada da ciência, de seus processos e de sua construção (MAIA; JUSTI, 2008).

O desempenho dos estudantes na disciplina Física é avaliado nesses sistemas e estratégias de avaliação, ambos assentados em aspectos que não permitem analisar o real processo de aprendizagem dos alunos, uma vez que objetivo é gerar percentuais e índices que permitem analisar o quanto a educação brasileira está formando capacidades instrumentais que respondam às demandas econômicas, a fim de produzir os ajustamentos para assegurar tais capacidades. As finalidades educativas escolares, que permeiam o projeto neoliberal para a educação em países periféricos, subordinam-se a formas de governabilidade por intermédio de standardização de resultados, que buscam regular a escola por meio de fatores de produtividade (PACHECO; MARQUES, 2014). A forma pela qual o projeto ideológico da globalização e do neoliberalismo se expressa no campo da educação ocorre por meio de

⁴ PISA é a sigla de Programme for International Student Assessment (Programa Internacional para a Avaliação de Alunos), programa de avaliação internacional é promovido pela OCDE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico). No Brasil está sob a responsabilidade do INEP.

modelos de governança que utilizam as avaliações externas em larga escala para uniformizar mundialmente as políticas educacionais (FREITAS, 2012). Conforme aponta Afonso (2014), configurou-se, por meio desse projeto, uma obsessão e uma ideologia avaliativa que contamina os governos e desenvolve a dominância de uma avaliocracia, manifestada nos contextos de salas de aula e em outros contextos e organizações, educativas ou não, como os sistemas de ensino e a administração pública.

A política de avaliação externa foi, pouco a pouco, induzindo as escolas e seus profissionais a uma busca incessante por qualidade de ensino, que é entendida como rendimento escolar com melhor desempenho nos testes avaliativos, o que tem conduzido os professores a focar seu trabalho em conteúdos escolares em conformidade com a matriz curricular, proposta pelos órgãos oficiais e aqueles evidenciados nas avaliações. Nas palavras de Menegão (2016, p. 654):

Se, algumas décadas atrás, se entendia por bom professor aquele que reprovava mais, atualmente, no contexto dos testes, bom professor é o que consegue os melhores resultados nas avaliações externas em larga escala. Desse modo, além do estreitamento curricular, há, ainda, o estreitamento do papel do docente, incrementado pela política de avaliação, uma vez que a responsabilização, atribuída aos professores pela política de avaliação externa, imputa-lhes papel de cunho técnico e de dependência, de forma a dificultar-lhes ações mais ativas, reflexivas, coletivas e autônomas acerca do seu próprio trabalho e das finalidades da educação.

A autora chama a atenção de professores e pesquisadores para a urgente necessidade de “desocultação da qualidade, subjugada na avaliação externa em larga escala e a conseqüente desocultação do currículo, pois nele se encerra a intenção, embora velada, da qualidade supostamente a ser garantida por meio dessa política” (MENEGÃO, 2016, p. 655). Ela também destaca que a qualidade de ensino-aprendizagem, expressa nessas políticas, tem na escola um bem de serviço.

A crítica às avaliações em larga escala permite supor que a aprendizagem de Ciências, realizada pelos estudantes, pode estar, de fato, em um nível qualitativamente menos expressivo do que mostram os resultados das avaliações Pisa e Enem. Pode-se supor que, caso fossem avaliados em uma perspectiva que considerasse o desenvolvimento de capacidades não instrumentais, providas por métodos de pensamento que promovem a compreensão dos conceitos em sua historicidade e totalidade, talvez os estudantes expressassem ainda menor qualidade de aprendizagem. Assim, a referência a estas avaliações é feita, aqui, para ressaltar o quanto ainda há para ser conquistado em termos qualitativos em relação à aprendizagem de Ciências, notadamente em Física.

Em direção contrária ao entendimento de qualidade da escola sob a concepção neoliberal, pesquisadores como Libâneo (2004), Libâneo e Freitas (2017, 2018, 2019), Freitas (2010, 2012, 2016) Peres e Freitas (2014) e Freitas e Rosa (2015) têm buscado refinar a compreensão e a apreensão das teses que fundamentam a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov. Entre essas teses, destaca-se que a finalidade da educação escolar é a promoção do desenvolvimento integral dos alunos que, por sua vez, depende de diversos aspectos de seu contexto histórico-cultural, sendo que a organização do processo de ensino-aprendizagem desempenha aí um forte papel. A principal finalidade da escola é a de proporcionar o processo de formação dos alunos por meio da apropriação de conceitos teóricos científicos, de forma criativa e crítica. Por sua vez, Hedegaard (2002, 2005) destaca a influência das práticas culturais e institucionais na constituição dos tipos de pensamento dos alunos, o que deve ser considerado no processo de ensino-aprendizagem.

A literatura científica mostra, portanto, que é necessário continuar a busca por mudanças no ensino de Física para que ele adquira uma orientação favorável ao desenvolvimento dos alunos, em uma perspectiva crítica. Em outras palavras, um ensino que lhes permita formarem um tipo de pensamento com repercussões mais favoráveis ao seu desenvolvimento, ajudando-os a formarem a compreensão dos fenômenos físicos da natureza em seus múltiplos aspectos naturais, sociais e culturais, de modo que eles desenvolvam capacidades qualitativamente superiores às capacidades apenas instrumentais. Surge, então, o problema: a adoção de princípios do ensino desenvolvimental em uma atividade de estudo, tal como propõe Davydov e Hedegaard, contribui para mudanças qualitativas na aprendizagem e no desenvolvimento dos alunos?

Para busca responder a essa questão, parte-se do pressuposto de que a teoria de ensino, formulada por Davydov, representa uma alternativa teórico-metodológica para o alcance dessa mudança e, ainda, que a teoria de Hedegaard contribui para que se considere a influência dos fatores socioculturais nos contextos de vida dos alunos em sua aprendizagem. Na teoria de Davydov, identifica-se uma contribuição central que é a atividade de estudo como elemento mediador da aprendizagem do aluno, por meio da organização de tarefas que envolvem problemas e desafios de natureza teórico-dialética. Na teoria de Hedegaard, identifica-se a introdução do duplo movimento no ensino como uma contribuição cuja finalidade é promover a integração entre experiências vivenciadas pelos alunos, seus conhecimentos locais e os conhecimentos científicos.

Assim, o objetivo geral da pesquisa foi desenvolver um experimento didático-formativo fundamentado nas teorias de Davydov e de Hedegaard a fim de analisar possíveis

mudanças na aprendizagem dos alunos e apontar contribuições para as mudanças no ensino de Física no Ensino Médio.

Os objetivos específicos foram:

- a) planejar o ensino do conceito teórico de Calor a partir de seu estudo lógico e histórico, elaborando tarefas considerando experiências vivenciadas pelos estudantes em seu contexto sociocultural;
- a) realizar o ensino do conceito “calor” por meio da atividade de estudo, fundamentada na teoria do ensino desenvolvimental de Davydov e na proposição do duplo movimento no ensino de Hedegaard;
- b) analisar as tensões, desafios e contribuições de Davydov e de Hedegaard para mudanças no ensino de Física no Ensino Médio.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas: revisão de literatura e pesquisa de campo. A revisão de literatura do tipo narrativa visou uma análise do conhecimento sobre o tema ensino-aprendizagem em Física, com foco no Ensino Médio, buscando também explorar se vem sendo tratado o ensino do conceito “calor” e em que concepção. Para efetivar o acesso a artigos científicos sobre o tema Ensino de Física no Ensino Médio, utilizou-se o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Adicionalmente, buscou-se, no Banco de Teses e dissertações da Capes, teses e dissertações fundamentadas nas teorias de Davydov e de Hedegaard.

A pesquisa de campo consistiu em um experimento didático-formativo, fundamentado na teoria de Davydov (1988), agregando-se contribuições da teoria de Hedegaard (2002, 2005), especificamente o duplo movimento no ensino. Davydov (1988) explica que o experimento formativo consiste em estudar mudanças no desenvolvimento do aluno, mediante a formação dirigida de processos psicológicos, isto é, o pesquisador planeja, acompanha e analisa mudanças nas ações mentais dos estudantes em relação a níveis almejados do desenvolvimento mental, em situação específica e real de ensino em sala de aula. Trata-se de um método em que o ensino e os procedimentos para sua concretização são planejados e organizados tendo em vista formar um novo nível de desenvolvimento das capacidades dos alunos pela aprendizagem de um conceito específico.

Tanto a seleção do local para a realização do experimento didático-formativo quanto a escolha dos participantes obedeceram alguns critérios de inclusão: ser instituição pública de ensino localizada no estado de Goiás; oferecer Ensino Médio; dispor de professor ou professora de Física que aceitasse a realização da pesquisa em sua disciplina; dispor de professor de Física com conhecimento das teorias de Davydov e de Hedegaard que pudesse

colaborar com a realização do experimento didático. Os critérios de exclusão foram: ser instituição em que o Ensino Médio é oferecido na modalidade Educação de Jovens e Adultos ou apenas como Ensino Médio Noturno. Considerando-se esses critérios, selecionou-se uma instituição pública federal, localizada em uma cidade do interior do estado de Goiás. Nessa instituição, participaram da pesquisa vinte e dois alunos, matriculados em uma turma do segundo ano do Ensino Médio integrado ao Ensino Técnico e o professor colaborador, também vinculado à instituição, que desenvolveu o ensino do conceito “calor” durante o experimento didático-formativo. O professor colaborador era graduado em Física (bacharelado e licenciatura), e concluiu o curso de Doutorado em Educação na PUC Goiás em 2016, sendo que, durante este curso, o docente estudou de forma aprofundada as teorias de Davydov e de Hedegaard.

O período de permanência na Instituição federal de ensino para o desenvolvimento da investigação foi de 16 de abril a 25 de junho de 2019. Inicialmente foi realizada uma aproximação do campo da pesquisa, com coleta de informações gerais sobre o contexto sociocultural da instituição e da turma e, posteriormente, o experimento didático-formativo foi desenvolvido pelo professor colaborador, sob a supervisão da pesquisadora.

Para a coleta de dados, foram utilizados os seguintes instrumentos: questionário para a caracterização sociocultural dos estudantes; entrevistas semiestruturadas com o professor colaborador e com os alunos e a observação direta (não participante e participante) das aulas de Física pela pesquisadora, antes e durante a efetivação do plano de ensino desenvolvimental. Os registros foram realizados por meio de gravações em áudio e vídeo, previamente autorizadas pelos participantes.

Os dados foram submetidos a procedimentos qualitativos de análise, levando em consideração as categorias destacadas no referencial teórico para a busca de indícios de mudanças no método de pensamento dos alunos em relação ao conceito calor. A análise contou com o apoio do *software* WebQDA para a construção de categorias empíricas a partir do conteúdo das entrevistas e das observações. Os dados provenientes dos questionários foram agrupados e apresentados na forma de quadros que expressam a quantidade e a qualidade do conteúdo das respostas.

Neste texto, apresenta-se o relatório geral da pesquisa por meio de quatro capítulos, além da Introdução e das Considerações finais. O primeiro capítulo é dedicado à discussão do tema e ao detalhamento do problema delineado para investigação. São apresentados os resultados da primeira etapa da pesquisa, a revisão da literatura, discutindo-se os achados referentes a publicações brasileiras, no período de 2007 a 2018, sobre o ensino de Física no

Brasil, com foco no Ensino Médio e com um olhar especial para o panorama atual do ensino do conceito “calor”.

No segundo capítulo, são apresentados os pressupostos teóricos que orientaram a pesquisa, iniciando-se pela teoria histórico-cultural de Vygotsky e seguindo com a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov e com a teoria radical-local do ensino, desenvolvida por Hedegaard. Ao longo do capítulo são destacados os conceitos que foram considerados relevantes em cada teoria para constituir uma base teórico-metodológica para esta pesquisa, de acordo com o propósito definido neste estudo.

No terceiro capítulo, inicia-se a apresentação do experimento didático-formativo, abordando-se a análise do conteúdo do conceito Calor, tendo em vista atender a uma condição essencial na proposição do experimento didático-formativo: a explicitação da relação geral do conceito. Busca-se abordar a relevância social e histórica desse conceito, evidenciando de que forma ele foi sendo constituído e transformado dentro do movimento epistemológico do campo da Física.

O quarto capítulo detalha o experimento didático-formativo para o ensino do conceito Calor, descrevendo seu desenvolvimento e, simultaneamente, apresentando e discutindo os resultados alcançados. Na discussão, busca-se evidenciar as contribuições das teorias de Davydov e de Hedegaard para a promoção de mudanças no ensino de Física no Ensino Médio, a partir dos alcances do experimento didático-formativo, bem como as limitações e os desafios verificados.

CAPÍTULO I

OS PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem por objetivo apresentar os achados de pesquisas expressos na literatura acerca do ensino de Física no Ensino Médio. Inicialmente, apresenta-se a revisão de literatura realizada. Em seguida, passa-se à apresentação do que foi encontrado, discutindo-se as contribuições e as lacunas apresentadas por esses estudos. Por fim, são mostrados os achados em relação às pesquisas desenvolvidas na concepção do ensino desenvolvimental.

1.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA REVISÃO DE LITERATURA

O ensino de Física, conforme mencionado anteriormente, especialmente nos três últimos anos da Educação Básica, tem sido alvo de constantes críticas, realizadas por professores e por estudiosos desse campo. Em geral, essas críticas se fundamentam em dados estatísticos oficiais, divulgados a partir de resultados de avaliações como o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem)⁵, e em estudos empíricos mostrados na literatura científica.

Para compreender o que a literatura científica recente discute sobre o ensino na disciplina Física no Ensino Médio, procedeu-se a uma revisão bibliográfica narrativa, por se considerar que, como descrevem Cordeiro *et al.* (2007), esse tipo de revisão permite sistematizar o conhecimento científico e potencializa a análise e a síntese do que já foi produzido sobre o tema investigado. Os objetivos dessa revisão foram identificar que questões estão sendo destacadas pelos autores em relação ao ensino de Física no Ensino Médio e quais problemas estão sendo considerados relevantes no ensino e na aprendizagem dessa disciplina. Além disso, também foi objetivo desta revisão identificar a existência de estudos ou pesquisas sobre ensino de Física, realizados na perspectiva teórica do ensino desenvolvimental, a fim de verificar quais problemas e aspectos eles estão tratando e se há o enfoque no Ensino Médio.

O processo de revisão da literatura seguiu as orientações definidas por Jackson (1980), que sistematiza seis etapas para esse tipo de revisão: questões a serem respondidas; a constituição da amostra das pesquisas; a descrição das características dos estudos, seus

⁵ O Exame Nacional do Ensino Médio é uma avaliação realizada anualmente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) e Ministério da Educação (MEC). É um instrumento avaliativo instituído com a promulgação da LDB de 1996, e, a partir de 2009, esse exame foi modificado com o intuito de otimizar o acesso ao sistema federal de ensino superior por meio do Sisu (BRASIL, 2015).

principais achados; a análise desses resultados; a interpretação dos resultados e o relatório final.

Para a busca dos artigos, utilizou-se o Portal de Periódicos da Capes, pelo fato de que ele apresenta livre acesso a seu repositório. Foram considerados artigos científicos publicados no período de 2007 a 2018, que tratassem do ensino de Física no Ensino Médio. O ano de 2007 foi delimitado por representar o ano inicial de um período de uma década, a contar do ano em que se propôs a revisão da literatura. Assim, o período de abrangência seria de 2007 a 2017. Entretanto, como no ano de 2018 essa pesquisa ainda não havia se encerrado, optou-se por incluir também aquele ano e, assim, possibilitar a inclusão dos estudos mais recentes. Desse modo, a definição desse período teve o objetivo de possibilitar a ampla inclusão de trabalhos e, ao mesmo tempo, assegurar que o resultado retratasse os estudos mais recentes em um período relativamente abrangente.

Para a busca de artigos, foram utilizadas as palavras-chave: “ensino de Física e Ensino Médio”, “ensino de Física e educação básica”, “ensino de Física e ensino desenvolvimental”. Inicialmente, a busca retornou 692 artigos. Destes, foram selecionados 22, de acordo com os seguintes critérios de inclusão: a) versar sobre tema ensino de Física no Ensino Médio; b) apresentar resultados de pesquisa sobre o tema; c) estar publicado em português ou espanhol; d) permitir livre acesso ao texto integral; ter sido publicado no período de 2007 a 2018. Foram excluídos artigos que não atenderam a esses critérios, artigos repetidos, bem como os que se referiam ao tema, mas eram voltados ao ensino informal ou não formal.

A análise do material encontrado ocorreu mediante leitura aprofundada, examinando-se o conteúdo dos artigos a fim de identificar as questões destacadas, os problemas considerados relevantes em relação ao ensino de Física no Ensino Médio, tendo em vista produzir uma síntese representativa do período analisado. Buscou-se também identificar se havia trabalhos relacionados ao ensino do conceito calor, uma vez que esse foi selecionado para ser o objeto de ensino proposto no experimento didático. O que se buscava saber é se haveria pesquisas ou estudos abordando o ensino especificamente do conceito calor. Os resultados revelaram três grandes temas que refletem a preocupação dos autores: dificuldades de aprendizagem, metodologias de ensino e formação de professores.

1.2 OS PRINCIPAIS PROBLEMAS DISCUTIDOS EM RELAÇÃO AO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

1.2.1 Dificuldades de aprendizagem

As dificuldades dos alunos em aprender conteúdos de Física é uma das preocupações expressas nas pesquisas. Os autores buscam compreender melhor essas dificuldades e como lidar com elas. Nesse sentido, Bonadiman e Nonenmacher (2007) já mostravam que o ensino de Física praticado nas escolas era deficiente e isso gerava evasão escolar, alto índice de reprovação e fraco desempenho dos estudantes, quando colocados em situações de problematização e de uso efetivo do que foi aprendido. Para esses autores, as questões metodológicas e didáticas aparecem como elementos que contribuem para maximizar as dificuldades de aprendizagem, incorrendo em não aprendizagem de Física. Portanto, eles descrevem uma proposta de ensino de Física mais atraente, com fundamentação construtivista, que vem sendo implementada no Curso de Licenciatura da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - Unijuí e em escolas de Ensino Médio para ser aplicada aos futuros professores de Física ainda na Universidade, cientes de que, vivenciando uma metodologia com potencial para aprendizagem significativa e viável no ensino, estes a reproduzirão no seu trabalho futuro.

Menegotto e Rocha Filho (2008) buscaram identificar fatores que levam os alunos a não se afeiçoarem pela Física. Eles observaram que o conteúdo ministrado nessa disciplina é caracterizado por cálculos abstratos e complexos, entendidos como aqueles em que os alunos lidam de modo distante de um contexto, o que não facilita sua compreensão. Os autores também apontam outros fatores que podem contribuir para dificultar a aprendizagem escolar: a linguagem inadequada do docente, que não é compreendida pelos alunos; o alto grau de preocupação dos estudantes com as avaliações que, por sua vez, se limitam a averiguar a capacidade de memorização de informações por meio de questões que, geralmente, exigem respostas diretas e são apresentadas sob a forma de perguntas ou problemas envolvendo expressões matemáticas. Seu estudo concluiu que, para o professor acompanhar o desenvolvimento do pensamento dos alunos, melhorando sua capacidade reflexiva e a compreensão sobre o mundo que os cerca, é preciso levar em consideração o ritmo de aprendizagem dos estudantes, a avaliação coerente e contextualizada, a comunicação espontânea e a consideração dos conceitos prévios existentes.

Em se tratando do uso de expressões matemáticas no ensino de Física e as dificuldades apontadas pelos estudantes na aprendizagem dos conteúdos desta disciplina, Sena dos Anjos *et al.* (2017) investigaram, a partir de uma intervenção didática realizada com alunos do Ensino Médio, as possibilidades dos conteúdos matemáticos contribuírem para o aprendizado significativo dos conteúdos da Física e estes para com o aprendizado significativo das funções e equações lineares, no âmbito da Matemática. Eles concluíram que a investigação proporcionou fortes indícios de que os conhecimentos físicos tenham se constituído num terreno fértil e propício para a aprendizagem dos conhecimentos matemáticos, podendo favorecer a aprendizagem significativa destes conhecimentos.

Cima *et al.* (2017), ao investigarem as causas da redução do interesse dos estudantes pela Física, na transição do Ensino Fundamental para o Ensino Médio, na perspectiva dos supervisores educacionais de escolas, identificaram desinteresse dos alunos em aprender Física, considerando como provável causa o fato de que o objetivo do ensino está sendo reduzido à aprovação dos alunos no vestibular e exames standardizados. No Ensino Médio, eles apontaram que está sendo utilizada uma linguagem matemática e que o uso de expressões matemáticas sem contextualização dos conteúdos é instigado.

Na análise dos dados, os autores mostram que os alunos das séries finais do Ensino Fundamental demonstram gosto e interesse pelas aulas de Física na disciplina de Ciências, o que se justifica pelo ensino realizado de forma contextualizada por meio de experimentos virtuais simulados em computadores, *tablets* e celulares, bem como por meio de discussões do conteúdo da matéria, relacionados com situações vivenciadas no cotidiano dos estudantes. Já no Ensino Médio, as metodologias mudam abruptamente, uma vez que o objetivo primordial deste nível de ensino é preparar os estudantes para o vestibular e o Enem. Esses resultados permitem inferir que, nos anos finais do Ensino Fundamental, parece haver um enfoque pedagógico que privilegia a contextualização entendida como uso de tecnologias para relacionar o conteúdo com vivências cotidianas. Já no Ensino Médio, a finalidade do ensino é marcada pela concepção neoliberal com forte peso nas avaliações externas e na competitividade para ingresso no ensino superior (CIMA *et al.*, 2017).

Rosa e Alves Filho (2014) investigaram a aplicação, em uma escola de Ensino Médio, de uma proposta didática envolvendo atividades experimentais em aulas de Física,

objetivando refletir sobre a manifestação do pensamento metacognitivo⁶ nos estudantes. Os autores concluíram que o comportamento dos estudantes demonstra a ausência do hábito de pensar, especialmente metacognitivamente.

Por sua vez, Darroz, Trivisan e Rosa (2018) realizaram um estudo para identificar a relação entre estratégias de aprendizagens dos estudantes e o rendimento escolar em Física. Utilizando um questionário respondido por alunos do Ensino Médio, os pesquisadores identificaram que alunos em semelhante contexto apresentam diferentes características pessoais. Os autores constataram, também, que os alunos fazem uso de diferentes estratégias de aprendizagem, principalmente a estratégia metacognitiva, relacionada a refletir sobre o que aprendeu e a controlar o aprendizado; e a estratégia de busca de ajuda interpessoal, relacionada à interação entre os alunos e destes com o professor, relacionadas como o bom rendimento dos estudantes. Por outro lado, a estratégia de não buscar o auxílio do professor ou dos colegas para compreender o conteúdo estudado foi considerada como um obstáculo para a aprendizagem. Nota-se que, embora os autores não declarem uma orientação teórica pedagógica, discutem os resultados da pesquisa valorizando o papel da mediação do professor e dos colegas na aprendizagem, o que poderia ser uma aproximação com uma concepção vygotskyana. Entretanto, ao mesmo tempo, eles valorizam o conceito de metacognição, por sua vez, situado na concepção piagetiana.

Preocupados com a evasão e o insucesso de alunos matriculados no Ensino Médio integrado ao Curso Técnico de uma instituição federal, Ferreira *et al.* (2013) realizaram um estudo objetivando quantificar índices de evasão, sucesso e insucesso escolar, bem como necessidades e anseios dos alunos perante a disciplina de Física. Os resultados revelaram índices maiores de evasão no 4º ano do ensino técnico, justificado pelo fato de que muitos alunos optam por concluir o Ensino Médio e prestar vestibular e não por obter o título de técnico. Assim, se no terceiro ano conseguem aprovação e ingressam no ensino superior, abandonam o Ensino Médio técnico. Além disso, constataram o que os alunos consideram como obstáculos à aprendizagem de Física: deficiência na formação prévia, especialmente em matemática; falta de aulas práticas em laboratórios; metodologias de ensino que não favorecem a aprendizagem; aulas pouco detalhadas e com poucos exercícios resolvidos em sala e uso pelo professor de linguagem de difícil compreensão aos alunos.

⁶ A Metacognição é definida a partir de estudos desenvolvidos por autores, como Flavell (1976, 1979) e Brown (1978, 1987), “como o conhecimento que o sujeito tem sobre seu conhecimento e a capacidade de regulação dada aos processos executivos, somados ao controle e à orquestração desses mecanismos (ROSA, 2011). Nessa linha, a metacognição engloba duas componentes: o conhecimento do próprio conhecimento e o controle executivo e autorregulador das ações” (ROSA; ALVES FILHO, 2014).

A literatura analisada revela um conjunto de múltiplos e variados fatores que incidem no ensino da disciplina Física:

a) Enfoque em cálculos em detrimento da formação de conceitos; distanciamento entre os conteúdos escolares e o cotidiano dos estudantes (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007; MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008; SENA DOS ANJOS *et al.*, 2017; CIMA *et al.*, 2017).

b) Ênfase na Física clássica e descaso com a Física Moderna e Contemporânea; conteúdos apresentados de forma fragmentada e desenvolvidos em aula de forma linear; conteúdos não contextualizados em relação aos aparatos tecnológicos indispensáveis ao ser humano; pouca valorização da atividade experimental; visão da Ciência e da Física como produto acabado (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007).

c) Não utilização do pensamento metacognitivo (ROSA; ALVES FILHO, 2014).

d) Alunos que apresentam dificuldades de aprendizagem, mas não buscam ajuda do professor ou dos colegas (DARROZ; TRAVISAN; ROSA, 2018).

A respeito dos fatores que interferem na aprendizagem dos alunos, Bonadiman e Nonenmacher (2007, p. 197) escrevem:

Alguns dos fatores apontados como possíveis causas do fraco desempenho do aluno, da falta de motivação para o estudo da Física e, possivelmente, da alegada aversão por essa disciplina, são estruturais e fogem ao controle do profissional do ensino. Outros, porém, são específicos e podem ser resolvidos pelo próprio professor, pois dependem, em boa parte, de sua ação pedagógica em sala de aula.

Nesse sentido, Darroz, Trvisan e Rosa (2018) corroboram tal entendimento sugerindo que a dificuldade, demonstrada pelos alunos pesquisados, em buscar auxílio junto ao professor ou colegas, durante o processo de ensino-aprendizagem, pode resultar “da forma como as aulas são conduzidas ou até mesmo características pessoais e metodológicas do professor” (DARROZ; TRAVISAN; ROSA, 2018, p. 104).

Ao concordar com esses autores, faz-se a ressalva de que os fatores estruturais exercem determinação nos fatores socioculturais da vida dos alunos que, por sua vez, influenciam no processo de ensino-aprendizagem. Assim, reafirma-se a necessidade de ampliar a compreensão desses fatores e considerá-los no ensino de Física, como um processo dialético entre os alunos (DAVYDOV, 1983, 1988, 1999), o contexto sociocultural e o processo de ensino-aprendizagem (HEDEGAARD, 2005).

Observou-se ainda que, embora os autores não deixem explícita uma referência pedagógica, a análise que apresentam parece demonstrar uma inspiração escolanovista ora com elementos piagetianos, como em Menegotto e Rocha Filho (2008), ora ausubelianos,

como Sena dos Anjos *et al.* (2017), ora supostamente combinando ideais vygotskyana e piagetiana, como Darroz, Trivisan e Rosa (2018). Um dado muito relevante, evidenciado por Cima *et al.* (2017), é a mudança que ocorre do enfoque em vivências cotidianas dos alunos, no Ensino Fundamental, para o enfoque no ensino instrumental e naquele orientado para as avaliações externas e para o ingresso no Ensino Superior, no Ensino Médio. Esses estudos mostram como diferentes abordagens do ensino de Física se apresentam de acordo com os diferentes níveis de ensino.

1.2.2 Metodologias de ensino

O problema das metodologias empregadas no ensino de Física aparece na literatura científica como uma preocupação dos autores, expressa por meio de diversos aspectos. Rosa e Alves Filho (2014) investigaram a possibilidade de inserção de momentos de evocação do pensamento metacognitivo durante um experimento de Física. A estratégia consistiu na aplicação de um modelo de AEMc – Atividades Experimentais Metacognitivas -, envolvendo três etapas: pré-experimental, experimental e pós-experimental, cada uma seguida de um questionamento metacognitivo, que considerou os elementos: conhecimento do conhecimento; monitoramento e avaliação. Os autores identificaram indícios da presença do pensamento metacognitivo, embora tenham considerado complexo o monitoramento de ações e do pensamento dos estudantes. Eles destacaram o imediatismo e a falta de autocontrole dos estudantes durante a realização das tarefas como um obstáculo para o alcance dos objetivos previstos.

Silveira *et al.* (2016) realizaram um estudo sobre as características educativas das propostas experimentais de baixo custo, publicadas em artigos de revistas brasileiras da área de Ensino, classificadas, no ano de 2014, na avaliação Qualis Capes entre A1 e B1. Foram selecionados artigos publicados desde as primeiras edições das revistas até o ano de 2014. A análise buscou identificar o papel do professor e do aluno na atividade, o nível de ensino privilegiado, bem como o material e o roteiro que foram empregados nos experimentos específicos do conteúdo de Mecânica. Os resultados revelaram um grande número de publicações voltadas ao público de Educação Básica, fazendo referência à metodologia de experimentos de baixo custo, para verificação e demonstração de leis e princípios físicos. Os autores mostram que foram poucos os estudos que associaram atividades investigativas a estes experimentos de baixo custo, o que, na opinião dos autores, poderia promover a formação crítica dos estudantes.

A produção de vídeos foi investigada por Pereira *et al.* (2011), que compreendem a necessidade de mudanças no ensino em função do avanço tecnológico e do uso facilitado de câmeras digitais e aparelhos celulares. Assim, eles propuseram o ensino por meio de uma atividade experimental de Física no Ensino Médio, em que os alunos deveriam elaborar relatórios por meio de vídeos de aproximadamente quatro minutos, abordando diferentes tópicos da Física. Na análise dos resultados, os autores identificaram que os alunos introduziram, de forma espontânea, música, dramatização, desenhos, imagens, animações e trechos de filmes, e consideraram que houve o exercício da capacidade criativa dos estudantes. Os pesquisadores apontam que a exigência de produção posta aos alunos por meio dessa tecnologia e essa metodologia de ensino, se comparada à metodologia tradicional com produção de relatórios escritos, tem como vantagem a motivação e a criatividade dos estudantes.

Buscando mudanças no ensino de Física, Gaudio (2015) propôs a “mágica em sala de aula” como estratégia facilitadora da aprendizagem de fenômenos físicos. O autor descreve que o objetivo da mágica é desafiar um princípio ou uma lei natural a fim de promover reflexões a partir da “revelação do seu segredo” de uma forma científica. Para tanto, o autor alerta para a necessidade de planejamento das atividades com escolha do número de “mágicas” apresentadas aos alunos. Ele enfatiza a importância de o professor ter o domínio do princípio físico apresentado e ter o controle do tempo, a fim de promover o bom desenvolvimento da atividade e a revelação do enigma na mesma aula. Outro fator apontado pelo autor é que a estratégia deve ser realizada esporadicamente, pois há o risco de saturar o aluno com repetições.

Na mesma linha de busca por diversificação de métodos de ensino que fomentem as transformações conceituais desejadas, Oliveira, Veit e Araújo (2015) investigaram o uso dos métodos Peer Instruction e Just-in-Time Teaching, traduzidos respectivamente por Instrução pelos Colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM)⁷. Os pesquisadores combinaram os dois métodos na formulação de uma proposta didática aplicada pelo primeiro autor para alunos da terceira série do Ensino Médio. A proposta utilizou uma metodologia que abrangeu experimentos, testes e problemas numéricos destinados ao estudo preparatório dos estudantes,

⁷ O (IpC) de autoria de Eric Mazur, refere-se à organização de grupos de alunos para discussões referente às alternativas escolhidas para questões de múltipla escolha que contemplam um conceito estudado, de modo que cada aluno justifica sua resposta na tentativa de convencer o colega de que sua escolha é a correta. Quanto ao (EsM), de autoria de Gregory M. Novak, corresponde ao método de ensino em que o professor disponibiliza material de estudo aos alunos em datas anteriores ao estudo do conteúdo, incluindo a resolução de questões cujas respostas são enviadas ao professor para que este identifique as dificuldades demonstradas pelos estudantes e prepare a aula sob medida, atendendo essas especificidades (OLIVEIRA; VEIT; ARAÚJO, 2015).

tendo em vista a realização de testes e o envio de respostas antecipadamente, o que possibilitou ao professor identificar dificuldades e organizar a aula “Sob Medida”. Para avaliar a aprendizagem, considerou-se que: com 30% de acertos, a questão era retomada e era oferecida outra, contemplando o mesmo conceito; com 70% de acertos, a aprendizagem era considerada satisfatória; os acertos no intervalo de 30% a 70% proporcionavam a organização em grupos de alunos com diferentes escolhas, objetivando discussão e argumentação na tentativa de cada um convencer o grupo de que a sua alternativa estava correta. Os autores constataram interesse e motivação dos alunos em realizar tanto o estudo preparatório, que antecedia o estudo do conteúdo em sala de aula, quanto as questões de sala de aula, demonstrados na participação e nos resultados positivos identificados em um teste final, aplicado em três turmas, sendo uma delas considerada controle, em que o mesmo professor ministrou aulas utilizando o método tradicional de exposição de conteúdos e a demonstração experimental com foco no professor.

Em nossa opinião, o trabalho desenvolvido por Oliveira, Veit e Araújo, (2015), embora com a intenção legítima de apontar possibilidades de mudanças no ensino de Física, principalmente, na metodologia utilizada pelo professor, leva a refletir sobre a provável minimização dos conhecimentos oferecidos aos estudantes e o aligeiramento com que os conceitos são tratados. Acrescente-se que o uso de questões de múltipla escolha, buscadas em avaliações em larga escala, parece validar políticas educacionais criticadas por educadores, uma vez que “trazem junto o desfiguramento da escola como lugar de formação cultural e científica e, em consequência, a desvalorização do conhecimento escolar significativo” (LIBÂNEO, 2016, p. 41). A experiência didática desenvolvida permite a interpretação de que ela pode representar uma transposição de formas de organização industrial do trabalho no capitalismo contemporâneo para dentro da sala de aula, reproduzindo a lógica instrumental no ensino, condizente com a concepção neoliberal da educação escolar.

Vizzotto *et al.* (2017), admitindo que a aprendizagem de Física pode ganhar maior significado caso sejam abordados fenômenos que façam parte da vida dos estudantes, buscaram na literatura pesquisas publicadas no período de 2004 a 2016 que abordassem a Física aplicada ao trânsito. Segundo os autores, os poucos trabalhos encontrados revelaram a importância de abordar o tema “trânsito”, durante todos os anos da educação básica, e a relevância da contextualização no Ensino de Física. Acrescentam que a contextualização no ensino possibilita a compreensão da Física como formadora de cidadãos, contribuindo para preparar motoristas e pedestres conscientes e reforçando o caráter social da disciplina.

Amorin *et al.* (2018) investigaram o uso de experimentação e jogo de mímica como recursos didáticos para o Ensino Médio, objetivando facilitar o processo de ensino-aprendizagem. A aula proposta consistiu em apresentação dos conteúdos de terminologia em aula teórica, experimento de baixo custo, resolução de exercícios, execução do jogo “Gesticulando a Física” e, ao final, a aplicação de questionário investigativo sobre o recurso utilizado. Os autores consideraram como inovação introduzir a dinâmica de mímica inspirada no jogo “Imagem e Ação”. Em sala de aula, um dos jogadores da equipe, de posse de uma carta com a imagem de situações do cotidiano, deveria fazer mímica para que o restante da turma descobrisse qual fenômeno físico estava sendo representado. Os autores consideraram que a mímica pode ser um recurso promissor para o ensino de Física, uma vez que pode proporcionar a compreensão de conteúdos de forma facilitada, além de promover a interação entre os estudantes.

Sousa e Silva (2014) propuseram o uso do jogo de RPG (*Role Playing Game* - Representação pedagógica; jogo de papéis) como estratégia de ensino e aprendizagem para uma turma de segundo ano do Ensino Médio, abordando os conteúdos da Termodinâmica. O jogo consistiu na apresentação de uma história envolvendo conceitos físicos, em que os alunos, na condição de personagens, deveriam resolver os problemas físicos emergentes no transcorrer da história. A proposta foi considerada pelos autores como ferramenta auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Eles destacaram, também, a capacidade da proposta para despertar o interesse dos estudantes em aprender, além de promover o trabalho em equipe, bem como oportunizar a interpretação e a descontração entre os alunos.

Por sua vez, Reis e Reis (2016) opõem-se ao ensino de Física que privilegia o excessivo formalismo matemático, não promove contextualização do conhecimento científico e nem discussão do processo de construção e desenvolvimento histórico filosófico do conhecimento. Assim, os pesquisadores enfocaram a História e da Filosofia da Ciência por considerarem sua potencialidade para fomentar o ensino de conteúdos como processo de construção de conhecimentos pelos estudantes. Estes autores levaram à sala de aula a historicidade dos conceitos “tempo” e “espaço”, oportunizando aos alunos o acompanhamento dos avanços conceituais realizados pelos cientistas.

A estratégia utilizada abrangeu atividades diversas, dentre as quais, a leitura de textos, a produção textual, a realização de aulas expositivas, a exibição de vídeos e simulações, a indicação de videoaulas, a produção de obras pictóricas, a apresentação de charges, a criação de histórias em quadrinhos e a produção de vídeos. A metodologia permitiu a problematização do processo de construção dos conceitos de “espaço” e de “tempo”, bem

como a elucidação de seus processos transitórios dentro da Física, as controvérsias, e as relações com outras áreas de conhecimento. De acordo com os autores, grande parte dos estudantes percebeu a ciência como atividade desenvolvida por homens cujas crenças e valores são diferentes, sendo integrada social e culturalmente. Essa pesquisa evidenciou a atividade docente e discente fundamentada no processo de historicização social dos conceitos, relacionando-os à própria constituição da sociedade (REIS; REIS, 2016).

Em síntese, nota-se que os estudos encontrados na literatura, que evidenciam preocupações dos pesquisadores e professores com a metodologia do ensino de Física, mostram que há uma busca pela superação do problema da pouca ou baixa aprendizagem nessa disciplina. As pesquisas justificam e argumentam a necessidade de superação do ensino tradicional na disciplina Física. Para tanto, apresentam propostas metodológicas diversificadas a fim de impulsionar a participação do aluno, tornando-o ativo no processo ensino-aprendizagem.

As pesquisas buscam, também, valorizar aulas práticas, experimentos com fenômenos da Física e o uso de aparatos tecnológicos, como forma de motivação e envolvimento dos alunos. Entretanto, todas essas estratégias didáticas, as formas de organizar a atividade do aluno e a introdução de materiais didáticos diversos caracterizam-se como intervenções que se limitam ao plano externo da atividade dos alunos, não atingindo o que é essencial para haver mudança na qualidade do ensino: o método de pensamento e o tipo de conhecimento dos fenômenos da Física a ser promovido aos alunos. Os estudos não explicitam uma base teórica pedagógica que fundamente as ações propostas aos alunos e as estratégias didáticas introduzidas, mas é possível perceber ora a valorização da experiência cotidiana do aluno, ora estratégias metodológicas que se aproximam da concepção neoliberal.

1.2.3 Formação de professores

O terceiro tema recorrente na literatura examinada, formação de professores, foi abordado por meio de diversos aspectos. A pesquisa descrita por Cima *et al.* (2017) buscou compreender o modo como os professores contribuem para ampliar a rejeição à Física por estudantes do Ensino Médio. A pesquisa desenvolvida com supervisores escolares de 17 escolas particulares no município de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, traz resultados sobre a atuação do professor, identificando que a principal causa da rejeição pela Física, nesse nível de ensino, está relacionada às metodologias de ensino. A análise dos dados revelou que os alunos das séries finais do Ensino Fundamental demonstram gosto e interesse pelas aulas

de Física na disciplina de Ciências, o que se justifica pelo ensino realizado de forma contextualizada, por meio de experimentos virtuais simulados em computadores, *tablets* e celulares e discussões do conteúdo da matéria, relacionadas com situações vivenciadas no cotidiano dos estudantes.

No Ensino Médio, as metodologias mudam abruptamente, uma vez que o objetivo primordial deste nível de ensino é preparar os estudantes para o vestibular e para o Enem. Especificamente quanto às causas relacionadas à atitude dos professores, Cima *et al.* (2017) concluíram que há desatualização, falta de contextualização, ênfase em memorização, ausência de atividades participativas, falta de humildade e sensibilidade por parte do professor, uso exclusivo de aulas expositivas, com pouca diversificação, abordagem conteudista e aulas monótonas.

Na interpretação dos autores, as mudanças nas atitudes didático-pedagógicas dos professores são importantes, mas não são suficientes, uma vez que o aprendizado não depende somente delas, mas também de políticas de Estado, das universidades e das direções das escolas.

Santos e Curi (2012) constataram, por meio de dados oficiais do INEP, que os professores que lecionam Física no Ensino Médio, em sua maioria, são licenciados em Matemática, ainda que seja notório e indiscutível que essa formação os prepara para o ensino de matemática e não de Física. Os autores investigaram características das disciplinas de Física, ministradas nos cursos de Licenciaturas em Matemática, em 27 instituições de Ensino Superior do Brasil, por meio da análise das ementas dessas disciplinas. Como resultados, eles constataram que a reduzida carga horária destinada à Física, nesses cursos, não permite o estudo da vasta área da disciplina, reduzindo-se à Mecânica, Termologia e calorimetria. Esses autores também verificaram que as ementas contemplam meramente uma revisão de conteúdos ensinados no Ensino Médio. Além disso, apontam que os professores licenciados em Matemática não têm formação adequada para o trabalho que desempenham na disciplina de Física, o que também leva a não abordarem os aspectos didáticos do conteúdo de Física.

A respeito da baixa procura pela licenciatura em Física, Lunkes e Rocha Filho (2011) e Brock e Rocha Filho (2011) investigaram os motivos que levam estudantes da educação básica a não optarem pela carreira do magistério, especificamente em Física. Os motivos revelados foram: a desvalorização do magistério, os baixos salários desses profissionais e o pequeno significado que a Física possui no cotidiano dos estudantes. Aliada a esses motivos, está a forma complexa com que são ensinados os conteúdos. Esses fatores somados contribuem para a baixa procura pelo Magistério em Física. Os resultados evidenciaram que

recursos didáticos como contextualização e experimentação não são explorados nas aulas de Física, o que pode estar relacionado à deficiência no processo formativo do professor.

As diversas experiências, relatadas nas pesquisas, revelam a necessidade de mudanças na atuação do professor, partindo de sua formação profissional, aliada a uma política educacional que lhe proporcione o desenvolvimento de seu trabalho de forma mais humana e a valorização profissional e social que ele merece. Entretanto, como afirmam Bonadiman e Nonenmacher (2007), dificuldades de aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio estão fortemente relacionadas não só à escassa valorização dos professores, como também às precárias condições de trabalho.

1.3 CONTRIBUIÇÕES E LACUNAS DAS PESQUISAS SOBRE ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

A análise das pesquisas, que foram localizadas conforme os critérios definidos para a revisão narrativa da literatura, possibilitou constatar que a preocupação com o Ensino de Física no Ensino Médio está bem expressa, sobretudo no que se refere à aprendizagem dos estudantes. Dentre os problemas destacados, estão: a falta de compreensão de conceitos sobre os fenômenos físicos presentes na natureza, os conhecimentos de Física contidos em mecanismos físicos presentes nos aparatos tecnológicos, a ausência de autonomia em relação aos conceitos da Física. Essas insuficiências, por sua vez, repercutem na dificuldade que os alunos apresentam ao lidar com demandas práticas do cotidiano social na sociedade contemporânea, que requer das pessoas capacidade crítica, perceptiva e criativa.

São apontados como fatores que dificultam a aprendizagem de Física: aulas tradicionais, caracterizadas principalmente pela exposição do conteúdo; ênfase nas expressões matemáticas mais do que nos próprios fenômenos e conceitos da Física e, ao mesmo tempo, denúncia de que falta aos alunos domínio de conceitos matemáticos; desinteresse e desmotivação dos estudantes; falta de contextualização dos conteúdos ensinados; ensino voltado para avaliações nacionais e internacionais, tais como Enem, Pisa, vestibular. Assim, de modo geral, o ensino de Física tem enfatizado a resolução de problemas por meio de fórmulas e cálculos matemáticos, secundarizando e, muitas vezes, desprezando o fenômeno físico presente no problema.

Esses estudos revelam que pesquisadores e professores, cientes de que as mudanças no ensino exigem mais do que a boa vontade e o investimento em pesquisas, dada a complexidade do sistema educacional, têm se dedicado à busca de alternativas para melhorar

o ensino de Física para os estudantes do Ensino Médio. Para tanto, recorrem a variadas metodologias de ensino, tais como a introdução do pensamento metacognitivo associado a experimentos de Física; experimentos de baixo custo usados em demonstrações; produção de vídeos, por alunos, como relatórios de práticas experimentais; uso de mágica e desvelamento do princípio físico envolvido; uso de estratégias de instrução pelos colegas e ensino sob medida; contextualização do ensino com Física no trânsito; uso de jogo de mímica associado a práticas experimentais; uso da História e Filosofia da Ciência. Tais estratégias, embora sirvam como demonstração de fenômenos da Física aos alunos, não chegam a mudar seu método de pensamento, pois, mesmo que em sua forma a organização do ensino busque mudar o método tradicional e transmissivo, em seu conteúdo permanecem traços desse tipo de ensino.

Entretanto, há que se ponderar que tais estratégias podem promover o interesse dos estudantes momentaneamente e proporcionar reforço de conhecimentos já adquiridos em momentos anteriores, mas não chegam a mudar o enfoque para a compreensão de fenômenos da Física como conceitos, possibilitando aos alunos compreender a lógica das leis e princípios explicitadores de fenômenos físicos. Desse modo, eles pouco contribuem para a formação do estudante na direção do domínio teórico conceitual da Física, de forma crítica, autônoma e criativa.

Com relação à formação de professores, as pesquisas mostram que, na maioria das escolas públicas brasileiras, entre os professores que atuam na disciplina Física, os licenciados em Física ainda são poucos. A maioria tem formação em áreas diferentes, principalmente em Matemática, o que, provavelmente, contribui para o ensino com ênfase em algoritmos, acentuando a aversão à disciplina de Física por parte dos alunos. Essa constatação evidencia também uma grave situação, cuja consequência é a restrição das possibilidades de melhorar o ensino de Física, uma vez que isso tem como condição essencial o domínio epistemológico da disciplina pelo professor.

Quanto aos professores, as pesquisas mostram que eles atribuem a deficiência do ensino de Física principalmente: ao emprego de métodos tradicionais, que prioriza a transmissão de conteúdo (OLIVEIRA *et al.*, 2015); aos conteúdos ministrados em sala de aula, organizados de acordo com as políticas educacionais, entendidos como necessários e importantes especificamente por serem contemplados em avaliações de larga escala (SANTOS; VILALVA; FERREIRA, 2018); a pouca valorização profissional e às condições precárias de trabalho (BONADIMAN, 2005).

Distante de se pretender condenar o professor nesse processo, entende-se que é necessário voltar o olhar para a evidente lacuna no processo de formação docente tanto com relação às metodologias de ensino e didática quanto em relação aos próprios conceitos específicos do componente curricular em estudo. Não há discussão suficiente acerca das políticas públicas voltadas para a formação do professor de Física, no sentido de oferecer subsídios teóricos, práticos, didáticos e metodológicos para que o planejamento das aulas seja reflexo de competência, eficiência e eficácia, nos sentidos literais dos termos. No entanto, é possível auferir que tais medidas são insuficientes. Nesse sentido, Libâneo e Freitas (2018, p.14) esclarecem que as políticas públicas brasileiras vigentes, destinadas à educação básica, seguem orientações de organismos multilaterais, carregados de visão economicista, que ignora fatores referentes a condições e práticas de ensino e aprendizagem, à autonomia do professor e à organização escolar, “colocando em segundo plano os elementos pedagógico-didáticos de qualidade de ensino”.

Destaca-se, ainda, que, nas preocupações expressas pelos autores, identificam-se elementos que estão relacionados, de algum modo, ao insucesso no ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio. Dificuldades de aprendizagem podem estar relacionadas com as metodologias de ensino e estas, por sua vez, possuem relação com a formação do professor. São dimensões do processo de ensino cuja articulação poderia ser favorecedora, mas, como indicam os estudos, estão se constituindo como fator que afeta negativamente a aprendizagem de Física.

Há que se ressaltar que nem todos os autores se preocuparam em explicitar a concepção teórica educacional utilizada e muitos deles não evidenciam que conceitos estão balizando suas análises. Assim, torna-se impossibilitado o exame acerca das concepções pelas quais eles estão se orientando quando mencionam, por exemplo, ensino tradicional, ensino significativo, aluno ativo, aluno participativo, interação etc. Entretanto, em alguns casos, podem-se perceber traços que se aproximam de algumas concepções de caráter escolanovista.

Esses achados permitem afirmar que continua em aberto a busca por respostas sobre como promover mudanças no ensino de Física no Ensino Médio. O propósito desta tese insere-se nessa busca, ao se propor a investigar as contribuições das teorias de Davydov e de Hedegaard para o ensino de Física. O pressuposto do qual se parte é que estas teorias permitem avançar no sentido de uma formação para a cidadania crítica, com um método de ensino que favoreça a compreensão dos conceitos da Física pelos alunos por meio de um pensamento teórico-conceitual. Busca-se mostrar, por meio dessas teorias, que o gosto e o

apreço dos alunos pela aprendizagem de conceitos da Física podem surgir durante a tarefa de estudo, por meio do motivo para aprender.

1.4 ESTUDOS SOBRE ENSINO DE FÍSICA NA CONCEPÇÃO DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL

Tendo identificado as contribuições e lacunas presentes nas pesquisas que abordam o ensino de Física no Ensino Médio, buscou-se descobrir se a literatura científica estaria incorporando contribuições das teorias do ensino desenvolvimental para a discussão de mudanças no ensino de Física. Foram considerados estudos que, de algum modo, se fundamentam explicitamente nas teorias de Vygotsky, Davydov ou Hedegaard. Considerado o período de 2007 a 2018, foram encontrados sete trabalhos, sendo quatro artigos (MONTEIRO *et al.*, 2010; PUREZA; MAGALHÃES, 2008; ERTHAL; LINHARES, 2008; PEREIRA; ABIB, 2016), duas dissertações (MARENGÃO, 2011; BRIGNONI, 2018) e uma tese (BORGES, 2016).

Monteiro *et al.* (2010) buscaram apresentar uma proposta de atividade experimental demonstrativa, por meio da construção de um motor elétrico de montagem fácil e de baixo custo, utilizando uma abordagem didático-pedagógica, fundamentada na teoria de Vygotsky. Os autores formularam, para o ensino, uma questão central sobre o funcionamento do motor, tendo em vista promover a interação social entre os alunos e o desencadeamento de várias outras perguntas que permitiram o envolvimento dos alunos na tarefa em busca das respostas. Os estudantes realizaram um trabalho de investigar e chegar a conclusões, de modo que o experimento demonstrativo não se limitou a ilustrar conceitos apresentados pelo professor, mas se constituiu como tarefa de discussão e análise do objeto de estudo, mediada pelo professor. Porém, os autores advertem que, no ensino de Física, o experimento demonstrativo não é suficiente, mesmo que seja interessante e com potencial para exploração, já que, para a aprendizagem, é indispensável que haja a ação didática do professor como orientador das interações e discussões que considerem a zona de desenvolvimento proximal dos alunos.

Pureza e Magalhães (2008), considerando a relevância da interação social na construção de conhecimentos, organizaram um episódio didático e o aplicaram para um grupo de três alunos da primeira série de uma escola pública. O objetivo de seu estudo consistiu em analisar como os alunos constroem o conceito de energia mecânica e suas formas, a partir de uma situação-problema, formulada e apresentada em sintonia com a teoria histórico-cultural. A análise foi realizada a partir de um episódio de ensino decorrente da interação entre o professor e um grupo de três estudantes. O professor apresentou aos alunos o desenho de um

plano inclinado, impresso em folha de papel, contendo alguns pontos importantes para o estudo. Durante o desenvolvimento do episódio de ensino, o professor questionou os estudantes sobre a modalidade de energia mecânica que uma esfera possui em posições específicas de um plano inclinado, priorizando a posição de repouso no ponto mais alto e a posição ao atingir o solo, no ponto mais baixo do plano inclinado (velocidade diferente de zero), após ser deixada rolar. Os alunos respondem aos questionamentos e quando um deles manifestava dificuldade em completar uma explicação, recebia a ajuda dos colegas e do professor; este último não completava a afirmação, apenas orientava o aluno a pensar oferecendo *feedbacks*. A conclusão deste estudo é que o diálogo gerado no plano social da sala de aula, que foi promovido pela interação entre alunos e destes com o professor, é convergente com as ideias de Vygotsky de que o conhecimento é formado a partir do social para o individual. Portanto, esse estudo reforça, para o ensino de Física, a premissa de Vygotsky de que a aprendizagem é um processo social e que ocorre do plano interpsicológico para o plano intrapsicológico.

Erthal e Linhares (2008) investigaram experimentos demonstrativos, acompanhados de mapa conceitual, indicando relações entre conceitos ou entre palavras usadas para representar conceitos, que poderiam contribuir para a aprendizagem de conceitos da natureza de radiações eletromagnéticas. A atividade contemplou teste de sondagem, apresentação dos experimentos intercalados por intervenções de alunos e professor, por meio de diálogo promovido pela interação social e, no final, teste avaliativo da aprendizagem dos conceitos estudados. Os autores concluíram que a visualização de experimentos predispõe os estudantes e, às vezes, até os desafia, a entender o que acontece, o que cria e enriquece a troca de informações, possibilitando ao professor explicar o fenômeno físico presente no experimento e mostrar o modelo teórico que a Física criou para explicá-lo. A limitação desse estudo consiste em que, embora os pesquisadores afirmem ter adotado princípios da teoria de Vygotsky para o planejamento do ensino por meio de atividade experimental, não foi possível identificar quais princípios ou conceitos foram utilizados. Ao contrário, embora em sua forma o ensino organizado tenha muita participação e investigação por parte dos alunos, o conteúdo das ações desenvolvidas parece se aproximar da concepção deweyana.

Pereira e Abib (2016) buscaram elucidar elementos que possibilitassem a compreensão de retomadas de conhecimentos e situações vivenciadas pelos estudantes em aulas de Física em momentos anteriores de seu processo de escolarização. A pesquisa fundamentou-se na teoria de Vygotsky, especialmente nos conceitos de cognição, afetividade e memória mediada. No processo investigativo, as autoras construíram duas categorias: memória

científico-afetiva e memória afetivo-vivencial. A primeira caracterizada pela retomada, pelos alunos, de conhecimentos ou experiências que guardam estreita relação com o conhecimento científico escolar e/ou é influenciado por ele; a segunda (memória afetivo-vivencial) diz respeito ao que foi retomado e que não tem relação explícita com o conhecimento científico-escolar, destacando-se a relevância da efetividade em ambas as memórias. As pesquisadoras constataram que a memória científico-afetiva pode oferecer indícios de aprendizagem, enquanto que a memória afetivo-vivencial possibilita a compreensão dos modos por intermédio dos quais o sujeito é afetado pelas relações que estabelece com o outro e com o conhecimento na sala de aula de Física, que influenciam fortemente sua aprendizagem ao longo do tempo.

As autoras concluem que os conceitos memória científico-afetiva e memória afetivo-vivencial podem contribuir para percepções acerca dos processos de aprendizagem de Física, uma vez que as retomadas do conhecimento científico escolar pela memória científico-afetiva podem ser indícios de aprendizagem. Por outro lado, consideram que as retomadas pela memória afetivo-vivencial possibilitam ao professor compreender os modos pelos quais o aluno, enquanto sujeito, é afetado pelas relações que estabelece com os outros e com o conhecimento na aula de Física, o que influencia fortemente sua aprendizagem ao longo do tempo. Consideram ainda que, mesmo que a memória afetivo-vivencial não seja reveladora direta de indícios de aprendizagem, ela se constitui como construto teórico que permite desvelar aspectos que podem orientar os professores na elaboração de estratégias didáticas e de formas de intervenção didática com os alunos (PEREIRA; ABIB, 2016).

Ao constatar a pouca quantidade de artigos descrevendo pesquisas e estudos sobre o ensino-aprendizagem de Física no Ensino Médio com base na teoria histórico-cultural, partiu-se para a busca de teses e dissertações. Foram encontrados os três trabalhos descritos a seguir.

Marengão (2011) descreveu uma experiência metodológica denominada de experimento didático-formativo, procedimento que possibilita avaliar o processo de formação de ações mentais dos estudantes ao longo da execução de um planejamento de ensino. Esta experiência foi desenvolvida com alunos do 1º ano do Curso Integrado de Edificações, do Instituto Federal de Educação Tecnológica do estado de Goiás, e fundamentou-se nos pressupostos da teoria Histórico-Cultural, especialmente na teoria do ensino desenvolvimental de Davydov. Esse estudo visou analisar e avaliar as ações didáticas da professora a partir de um plano de ensino, considerando as ações mentais dos alunos. As ações didáticas que constituíram o plano de ensino foram elaboradas contemplando o conteúdo “Movimentos”, um dos tópicos da Mecânica. Os dados obtidos sugeriram melhora no interesse e na

aprendizagem dos alunos, mas advertem que a atuação do professor é relevante e que depende do domínio do conteúdo da matéria ensinada e da teoria do ensino desenvolvimental, orientadora de sua prática. Em muitos momentos, foi verificado que nem sempre a professora atuou seguindo tal orientação, o que não se deu pela falta de domínio do conteúdo, e sim pelo restrito conhecimento da teoria de Davydov.

Compreendendo o grande potencial da teoria de Davydov para mudanças no ensino de Física, Brignoni (2018) desenvolveu um experimento didático-formativo com alunos da segunda série do Ensino Médio, em um colégio da rede pública estadual, localizado em uma cidade do interior de Goiás. Esse trabalho consistiu em uma dissertação de mestrado. Após identificar as relações nucleares dos conceitos de propagação da luz e formação de imagem, foram formuladas e desenvolvidas tarefas para a atividade de estudo desses conceitos, tendo em vista a formação do pensamento teórico dos alunos. Houve dificuldades por parte dos alunos na compreensão da metodologia do ensino; entretanto, à medida que foram se envolvendo nas ações da tarefa, os estudantes apresentaram mais interesse em aprender os conteúdos e, aos poucos, foram adquirindo uma postura mais ativa, engajados na atividade de estudo. A conclusão foi que nem todos os alunos apresentaram indícios de formação do pensamento teórico em relação aos conceitos estudados. O estudo também apontou a necessidade de mudanças na postura do professor, passando de uma postura tradicional para assumir o papel de orientador do processo de ensino e aprendizagem, o que implica em uma necessária renovação teórico-metodológica nos cursos de formação de professores.

O estudo que mais se aproxima do propósito da presente tese é o de Borges (2016), que consistiu em uma tese de doutoramento. Esse pesquisador constatou que os alunos do Ensino Médio apresentam dificuldades em interiorizar conceitos científicos da Física e em usá-los em situações concretas, por isso tendem a usar conceitos cotidianos para lidar com os fenômenos da Física. Então, buscou responder à seguinte questão: quais as contribuições da teoria de Davydov para melhorar a aprendizagem de conceitos de Física por alunos do Ensino Médio? Para desenvolver seu estudo, ele realizou um experimento didático-formativo com o professor e os alunos do primeiro ano do Ensino Médio integrado ao Curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática, em uma instituição de ensino pública Federal, localizada no estado de Goiás. Este experimento didático abordou o conteúdo “Leis de Newton”. Os resultados mostraram que os alunos demonstraram motivos para aprender e pensar teoricamente os conceitos abordados, embora alguns não tenham conseguido desenvolver esse tipo de pensamento. Assim, mesmo que nem todos tenham alcançado integralmente a formação do pensamento teórico, os estudantes demonstraram mudanças no

modo de expressar as leis de Newton, estabelecendo ricas relações com seus contextos socioculturais.

Desse modo, ficou evidenciado que há pesquisas realizando um esforço de compreensão e explicação do ensino e aprendizagem de conteúdos de Física no Ensino Médio a partir de pressupostos de Vygotsky e de Davydov; entretanto, como se demonstrou, as pesquisas ainda são poucas. Trabalhos fundamentados em Davydov avançam no sentido de discutir a organização do processo educacional de sala de aula, pautado em um método e em como esse método incide ou não no despertar de motivos para aprender conteúdos científicos, o seu engajamento e a participação consciente no processo de ensino e aprendizagem. Não foram encontrados trabalhos que se dediquem a explorar as contribuições de Hedegaard.

Ainda que apresentem resultados relevantes para a busca de mudanças no ensino dessa disciplina, permanece um vasto campo a ser explorado para se chegar a compor um corpo de conhecimentos impulsionadores dessas mudanças. Portanto, os resultados oriundos da pesquisa desenvolvida nesta tese podem agregar novas contribuições para a busca de mudanças no ensino de Física no Ensino Médio, fortalecendo a perspectiva do ensino para a promoção do desenvolvimento das capacidades dos alunos, por meio da formação do pensamento teórico de natureza dialética.

CAPÍTULO II

A TEORIA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL FORMULADA POR DAVYDOV- CONCEITOS BALIZADORES DA PESQUISA

Neste capítulo, apresenta-se a base teórica da pesquisa, abordando-se a concepção do ensino de Vygotsk, Davydov e Hedegaard para o desenvolvimento dos alunos. As teorias de Davydov e de Hedegaard são herdeiras do pensamento de Vygotsky, portanto, inicialmente, serão apresentados conceitos desse autor que possuem implicações para a educação e o ensino na promoção do desenvolvimento humano. Serão destacados conceitos como: mediação cultural, processo de internalização, zona de desenvolvimento proximal, processo de formação de conceitos. Posteriormente, será apresentada a concepção do ensino desenvolvimental, iniciando-se pelo conceito de atividade humana e, em seguida, abordando-se a periodização do desenvolvimento humano, cuja compreensão é essencial quando se trata da organização do ensino. No tópico seguinte, será apresentada a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov, destacando-se os conceitos fundamentais para o planejamento do experimento didático-formativo sobre o conceito “calor”: pensamento teórico, método de ascensão do abstrato ao concreto, atividade de estudo. Por fim, abordam-se as contribuições de Hedegaard, destacando-se sua compreensão sobre as relações entre as práticas culturais dos alunos e o ensino-aprendizagem, expressas no conceito de duplo movimento no ensino.

2.1 ALGUNS CONCEITOS DA TEORIA DE VYGOTSKY COM IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO E O ENSINO

Com a apresentação de alguns conceitos de Vygotsky, nesta seção, pretende-se mostrar aqueles que explicam a relação entre a sociedade, a cultura e a constituição do pensamento humano. Considerando-se que já existem inúmeros trabalhos que tratam da vida e da obra desse autor, contextualizando sua contribuição para a educação e o ensino escolares (como os estudos de REGO, 1995; PRESTES; TUNES; NASCIMENTO, 2017, entre outros) estes aspectos não serão aqui abordados.

2.1.1 Constituição social da mente humana mediada pela cultura

Vygotsky buscou edificar uma psicologia e uma pedagogia com base teórica apoiada nos métodos e princípios do Materialismo Histórico-dialético de Marx e Engels,

principalmente na ideia de que mudanças históricas na sociedade e na vida material produzem mudanças na consciência e no comportamento humano e a ideia de que, por meio do trabalho e com o uso de instrumentos, o homem transforma a natureza e, ao fazê-lo, transforma-se a si próprio. Para o autor, as características essencialmente humanas não são inatas, são constituídas a partir da relação dialética do ser humano com a sociedade e a natureza, relação essa mediada pela cultura (REGO, 1995).

Para Vygotsky, a cultura é parte constituinte da natureza humana, uma vez que sua característica psicológica ocorre por meio da internalização dos modos historicamente determinados e culturalmente organizados de operar com o conhecimento. A relação entre sujeitos e destes com o mundo não ocorre de forma direta, ao contrário, ela é mediada pelos instrumentos e signos construídos historicamente. Nesse sentido, Rego (1995, p. 43) explicita que:

O pressuposto da mediação é fundamental na perspectiva sócio- histórica justamente porque é através de instrumentos e signos que os processos de funcionamento psicológico são fornecidos pela cultura. É por isso que Vygotsky confere à linguagem um papel de destaque no processo de pensamentos.

Vygotsky defendeu a ideia de que a criança aprende desde pequena a partir da interação com pessoas e com o mundo que a circunda; porém, ele considerou a escola como o ambiente formal ideal para o desenvolvimento mental da criança em idade escolar. Ao contestar abordagens teóricas vigentes, que relacionavam aprendizagem e desenvolvimento como processos coincidentes ou como processos independentes, o autor assumiu o pressuposto de que:

[...] a aprendizagem não é, em si mesma, desenvolvimento, mas uma correta organização da aprendizagem da criança conduz ao desenvolvimento mental, ativa todo um grupo de processos de desenvolvimento, e esta ativação não poderia produzir-se sem a aprendizagem. Por isso, a aprendizagem é um momento intrinsecamente necessário e universal para que se desenvolvam na criança essas características humanas não naturais, mas formadas historicamente (VYGOTSKI, 2001, p. 115).

Para Vygotsky (1989), o desenvolvimento e a aprendizagem estão inter-relacionados desde os primeiros dias de vida da criança, sendo que o meio físico ou social influencia no seu aprendizado. Para o autor, a aprendizagem pode ocorrer em diferentes contextos sociais e culturais e resulta em diferentes conhecimentos, que são por ele designados de cotidianos ou espontâneos e científicos, conhecimentos estes que se diferenciam pela forma e pelo conteúdo.

O psicólogo explicita que a criança, antes de ocupar os bancos escolares, aprende conhecimentos nas suas relações com outras pessoas e com o mundo, apresentando o domínio de alguns conceitos cotidianos que alavancam a apropriação de conhecimentos científicos que são proporcionados pelo processo educacional e afirma que “o aprendizado escolar produz algo fundamentalmente novo no desenvolvimento da criança” (VYGOTSKY, 1989, p. 95).

Vygotsky (1989), a partir de seus estudos e experimentos, concluiu que o desenvolvimento cognitivo é essencialmente humano e não ocorre independentemente do contexto social, histórico e cultural em que está inserido. Ele explicita que, enquanto o homem consegue fazer uso de instrumentos para modificar a realidade presente de forma pensada e planejada antecipadamente, os animais, até mesmo os mais próximos da espécie humana, como os chimpanzés, conseguem fazer uso de instrumentos, exclusivamente quando eles se encontram materializados no contexto em que se dá a atividade e, ainda, o fazem para satisfazer necessidades biológicas. Vygotsky e seus seguidores identificaram que:

[...] as características do funcionamento psicológico tipicamente humano não são transmitidas por hereditariedade (portanto não estão presentes desde o nascimento do indivíduo), nem são adquiridas passivamente graças a pressão do ambiente externo. Elas são constituídas ao longo da vida do indivíduo através de um processo de interação do homem com o seu meio físico e social, que possibilita a apropriação da cultura elaborada pelas gerações precedentes, ao longo de milênios (REGO, 1995, p. 48-49).

O pesquisador Vygotsky (1989) distinguia os instrumentos em materiais e psicológicos. Os instrumentos materiais são meios de trabalho para dominar a natureza, que Striquer (2017, p. 143) exemplifica como sendo: “referentes aos meios e dispositivos usados, pelos docentes, nos espaços escolares, tais como: vídeos, projeções, equipamentos de laboratório, computadores, lousas etc.” Quanto aos instrumentos psicológicos, eles são definidos como os signos, as palavras, os conceitos, os gêneros do discurso, todos aqueles criados pelas sociedades e na cultura ao longo do curso da história humana, os quais, uma vez internalizados, provocam transformações no comportamento e estão interligados pelas formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual (VYGOTSKY, 1989).

A mediação é, então, entendida como “processo que caracteriza a relação do homem com o mundo e com outros homens” (BERNI, 2006, p. 2539) e por meio dela se dá o desenvolvimento das funções psicológicas superiores tipicamente humanas que, como elucida Striquer (2017), são: a atenção, a memória, a imaginação, o pensamento, a linguagem, enfim, o controle consciente do comportamento. Essas funções organizam a vida mental de um indivíduo em seu meio.

Vygotsky (1989, p. 08) estendeu, brilhantemente, esse conceito de mediação na interação homem-ambiente pelo uso de instrumentos, ao uso de signos. Nesse processo de mediação, o instrumento tem a função de regular as ações sobre os objetos e o *signo* tem a função de regular as ações sobre o psiquismo das pessoas. Dito de outra forma, o instrumento corresponde a “algo” que pode ser utilizado na transformação do objeto, como, por exemplo, uma enxada que transforma o solo; já o signo é “algo” que significa outra coisa, como a palavra cadeira que significa o objeto cadeira. Dessa forma, a interação social é que determina o desenvolvimento das funções psíquicas superiores.

A transformação a partir da interação com os instrumentos materiais e com os instrumentos psicológicos se dá de maneiras diversas. No primeiro caso, observa-se se houve progresso quando da manipulação de determinados objetos, ferramentas. No segundo caso, de maneira menos aparente (ou não), se dá a transformação do próprio sujeito. Considere-se o docente como o ser que traz em si, quando considerado o outro, os instrumentos que poderão - devido à mediação - promover uma transformação de diagnóstico mais complexo, mas, ainda assim, não impossível.

É o outro que traz condensado em si o conhecimento historicamente construído, desconstruído e arraigado em sua própria essência, que colocará à disposição do escolar, a partir da enunciação, do reconhecimento de si, dos pares, uma singular propensão à transformação interna.

A função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade: ele é orientado externamente; deve necessariamente levar a mudanças nos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e domínio da natureza. O signo, por outro lado, não modifica em nada o objeto da operação psicológica. Constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo: o signo é orientado internamente (VYGOTSKY, 1989, p. 62).

Com o auxílio dos signos, o homem pode controlar de forma voluntária a sua atividade psicológica e melhorar sua memória, atenção, raciocínio lógico, entre outras funções mentais, adquiridas por meio das interações sociais. Nesse sentido, Vygotsky (1989, p. 60) afirma que “a invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico”.

Vygotsky atribui grande valor à linguagem, por considerar que ela organiza os signos em estruturas complexas e desempenha um papel imprescindível na formação das características psicológicas humanas (REGO, 1995). Nesse entendimento, a linguagem como elemento mediador, “permite a comunicação entre indivíduos, o estabelecimento de

significados compartilhados por determinado grupo cultural, a percepção e a interpretação dos objetos, eventos e situações do mundo circundante” (REGO, 1995, p. 55). O homem, ao internalizar a linguagem, torna-se capaz de imaginar, estabelecer relações, pensar e falar sobre um objeto sem que este esteja presente (VYGOTSKY, 1989). Portanto, a linguagem exerce papel mediador essencial na constituição do pensamento e da consciência, o que tem implicações para o ensino.

Lenoir *et al.* (2011) apreende a prática de ensino como uma relação de objetivação mediada simbolicamente por signos e instrumentos, que se realiza por meio do discurso e do agir docente. Dessa forma, os autores caracterizam a mediação em dois aspectos distintos, a mediação cognitiva (relacionada ao aprendente) e a mediação pedagógico-didática (relacionada ao agir docente). Para os pesquisadores, na base da aprendizagem, existe um sistema objetivo de regulação que assegura a relação sujeito e objeto, expressa por uma mediação intrínseca, constituída pela linguagem e pelo agir docente, que intervém como modalidade na determinação da estrutura do objeto, sendo intermediário constitutivo deste com o sujeito. A plenitude da linguagem e a sua produção são asseguradas pela mediação intencional na relação sujeito-objeto.

Assim, o conceito de mediação cognitiva coloca em destaque a ação de construção da realidade pelo sujeito num quadro cultural, espacial e temporal. O processo de aprendizagem, entendido como um processo de objetivação, não se refere simplesmente à apropriação do objeto, mas essencialmente a de uma construção mediada. O sujeito busca apreender não o real como este se dá a conhecer de imediato, mas numa relação social, como conceito, como relação abstrata de toda uma representação virtual do outro e de si, como realidade estruturada (LENOIR *et al.*, 2011).

Vygotsky (1989) explicita que esses processos psíquicos superiores não são inatos e o seu desenvolvimento está atrelado à interação social entre os homens e à realidade objetiva, sendo que a mediação se realiza por meio da linguagem. Esse é, pois, um modo de dizer que o ser humano é construído por outro ser humano, no sentido polissêmico do termo.

Sforni (2008, p. 01) alerta para o fato de que há uma compreensão reduzida e simplificada da mediação do professor, apenas sob a dimensão pedagógico-didática isto é “a mediação parece se confundir com a imagem da presença física do professor intervindo nas tarefas que o estudante realiza”, o que é comum nos meios escolares. Assim:

Entendida como sinônimo de ajuda empreendida pelo professor na interação com o aluno, muitas vezes, a mediação parece se confundir com a imagem da presença física do professor intervindo nas tarefas que o estudante realiza. Essa é uma

compreensão muito comum nos meios educacionais. Desse entendimento decorrem afirmações segundo as quais a interação entre os pares ou com os sujeitos mais experientes é importante porque representa uma relação democrática em sala de aula, mediante a qual valores como "aprender a viver juntos" são desenvolvidos. Dessa forma, a teoria vygotskiana, fundamentada no materialismo histórico, paradoxalmente, parece se ajustar às novas demandas de formação presentes na pauta neoliberal para a educação expressa nos quatro pilares da educação (SFORNI, 2008, p. 01).

A autora esclarece que são mediadores culturais os objetos e o conhecimento sistematizado, produzidos por gerações anteriores e cristalizados na cultura, e que é mediação social a relação entre os homens que se dá por meio da comunicação prática ou verbal, envolvendo sujeitos que já dominam ações e operações com os mediadores culturais.

Podemos falar que no contexto escolar há uma dupla mediação, uma que se refere à relação entre professor e estudantes, outra vinculada à relação entre os estudantes e o conteúdo escolar. Do ponto de vista do desenvolvimento psíquico, a primeira somente se realiza quando a ação docente envolve a disponibilização dos conteúdos escolares como elementos mediadores da ação dos estudantes, isto é, de modo que eles sejam capazes de realizar conscientemente as ações mentais objetivadas nos conhecimentos historicamente produzidos. Se a compreensão de mediação permanece vinculada apenas à apoio ou ajuda do professor sem ser explicitada a direção dessa ajuda e qual o objeto central dessa interação, pode-se considerar que quando o aluno consulta o professor acerca da grafia de uma determinada palavra e ele o orienta a registrá-la "do seu jeito" ou, ainda, quando o professor escreve a palavra de forma correta para que aluno apenas a copie, podemos afirmar que há interação professor-aluno, todavia sem o elemento fundamental presente no conceito de mediação da abordagem Histórico-Cultural: o conhecimento como mediador da atividade psíquica compartilhado na comunicação prática e verbal entre as pessoas (SFORNI, 2008, p. 7-8).

Desse modo, para Sforni (2008), a mediação não se restringe apenas à interação social comum aos espaços escolares, nem ao olhar cuidadoso e, por certo, necessário do professor, em sala de aula, para com seus estudantes. Considera-se uma mediação entre o sujeito-sujeito e, de maneira extremamente significativa, a relação estabelecida entre o sujeito, o conhecimento e o sujeito, sob a orientação do professor.

Bernardes (2011) também discute a mediação no processo ensino-aprendizagem, compreendendo-o como processo que envolve a atividade de ensino (mediação didático-pedagógica) e a atividade de estudo (mediação cognitiva), desenvolvida pelo professor que se constitui como elemento importante e indispensável no processo de educação escolar e a atividade de estudo realizada pelos estudantes. Para a autora, "a atividade de ensino tem a função particular de organizar ações que possibilitem aos herdeiros da cultura o acesso aos conhecimentos elaborados sócio-historicamente" (BERNARDES, 2011, p. 79).

As ações são provenientes do planejamento do educador que organiza o ensino, objetivando a humanização dos indivíduos por meio da aprendizagem do conhecimento

elaborado, historicamente, no contexto escolar. Tanto a seleção e a identificação do conhecimento teórico científico a ser ensinado, quanto a definição de condições adequadas à objetivação das ações na atividade pedagógica são da responsabilidade do professor e consistem em instrumento mediador do conhecimento, que se objetiva na organização das ações de ensino (BERNARDES, 2011). A autora ressalta que a atitude do professor deve ser intencional e consciente, com atenção para a possibilidade de a organização do ensino, na sociedade capitalista, vir a se tornar mercadoria, caso seja utilizada por outros professores de forma reiterativa.

O conceito de mediação, apresentado por Vygotsky e interpretado pelos diversos autores supracitados, contribui para se compreender que o ensino de Física poderia adquirir esse caráter mediador, como contribuição à superação dos problemas que hoje se verifica, conforme relatado na revisão da literatura (primeiro capítulo). A constituição de uma prática de ensino-aprendizagem, que se constitua como processo mediador, mostra-se como uma alternativa para o enfrentamento do problema da não aprendizagem e do desinteresse do aluno. O que se deseja como mudança para o ensino de Física no Ensino Médio é uma organização do processo de ensino-aprendizagem que incorpore essa perspectiva e se constitua em instrumento mediador da relação dos alunos com o objeto de estudo, possibilitando ao aluno uma mediação cognitiva que se efetive em desenvolvimento por meio da aprendizagem.

A organização do ensino, conforme afirma Vygotsky, se feita de forma correta, pode resultar em desenvolvimento das funções psicológicas superiores do aluno. Essa afirmação encaminha para outros conceitos importantes que devem ser considerados: o processo de internalização das funções psicológicas, a zona de desenvolvimento proximal e a formação de conceitos, conceitos estes que são apresentados na sequência.

2.1.2 O processo de internalização das funções psicológicas

Oliveira (1997) considera que a teoria da constituição psicológica humana de Vygotsky se assenta em três pilares: a) as funções psicológicas possuem um suporte biológico, pois são produtos da atividade cerebral; b) o funcionamento psicológico constitui-se nas relações sociais entre os indivíduos e o mundo exterior, dentro de processos históricos; c) a relação do ser humano com o mundo é mediada por sistemas simbólicos.

Esses pilares permitem a Vygotsky explicar que o desenvolvimento psicológico ocorre do âmbito interpessoal para o intrapessoal. Isso significa que as funções psicológicas são

formadas em condições determinadas, sob a mediação dos signos e dos instrumentos culturais histórica e socialmente disponíveis.

[...] o processo de mediação, por meio de instrumentos e signos, é fundamental para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, distinguindo o homem dos outros animais. A mediação é um processo essencial para tornar possíveis atividades psicológicas voluntárias, intencionais, controladas pelo próprio indivíduo (OLIVEIRA, 1997, p. 33).

Vygotsky considera que a história de um ser humano, iniciada de forma natural com o nascimento, não permite afirmar que ele se constitui estritamente como ser biológico, pois, desde que nasce, sua vida é influenciada pelo contexto social e cultural, no qual estão disponíveis conhecimentos e práticas culturais, acumulados ao longo do desenvolvimento histórico da humanidade. Ao se apropriar desses conhecimentos, o ser humano vai formando funções mentais (VYGOTSKY, 1991, 2007).

O que constitui o ser humano é o desenvolvimento de suas funções psicológicas, na dependência de aspectos emocionais e de interação com as outras pessoas. Assim, a consciência humana se forma como um processo mediado pela linguagem e na relação com as outras pessoas. Para isso, o ser humano internaliza (ou interioriza), no plano intrapsíquico e de forma subjetiva, relações e práticas sociais presentes na realidade em que está imerso. As funções psíquicas superiores, assim constituídas, são mais complexas e desenvolvidas do que as funções biológicas; isso porque, antes de serem psicológicas, elas são relações entre pessoas. Pino (2005, p. 67) afirma: “as funções superiores constitutivas das pessoas foram antes relações sociais: toda função mental superior – foi externa por que foi social antes de tornar-se interna, uma função estritamente mental [...]”.

O desenvolvimento de funções psíquicas superiores é que torna o ser humano biológico um ser humano social, caracteriza o funcionamento psicológico por meio de capacidades de imaginação, memória voluntária, planejamento de tarefas etc., pois “o desenvolvimento intelectual do indivíduo depende de seu domínio dos meios sociais de pensamento, isto é, da linguagem” (VYGOTSKY, 2001, p. 63). Portanto, o intelecto humano desenvolve-se na dependência das formas culturais de organização social. Essa ideia pode ser resumida na premissa de que a gênese das funções psicológicas superiores é histórica e social. Para Vygotsky (1991) o desenvolvimento das funções psíquicas superiores ocorre pelo processo de interiorização:

a) Uma operação que inicialmente representa uma atividade externa é reconstruída e começa a ocorrer internamente. É de particular importância para o desenvolvimento dos processos mentais superiores a transformação da atividade que utiliza signos,

cuja história e características são ilustradas pelo desenvolvimento da inteligência prática, da atenção voluntária e da memória; b) Um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal. Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (interpsicológica), e, depois, no interior da criança (intrapicológica). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos; c) A transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento. O processo, sendo transformado, continua a existir e a mudar como uma forma externa de atividade por um longo período de tempo, antes de internalizar-se definitivamente. Para muitas funções, o estágio de signos externos dura para sempre, ou seja, é o estágio final do desenvolvimento. Outras funções vão além durante seu desenvolvimento, tornando-se gradualmente funções interiores. Entretanto, elas somente adquirem o caráter de processos internos que resultem em um desenvolvimento prolongado. Sua transferência para dentro está ligada a mudanças nas leis que governam sua atividade; elas são incorporadas em um novo sistema com suas próprias leis (VYGOTSKY, 1991, p. 41).

As funções psicológicas superiores demandam mecanismos elaborados e altamente sofisticados, realizados de forma intencional, por ações voluntárias da pessoa, de forma consciente e controlada para a tomada de decisões. Elas são formas culturais do comportamento humano. Como descreve Pino (2005), desde o nascimento, a interação entre funções de naturezas tão diferentes, as biológicas e as culturais, possibilita a formação das funções psíquicas superiores:

As funções mentais superiores não são simples transposição no plano pessoal das relações sociais, mas a conversão, no plano da pessoa, da significação que têm para ela essas relações, com as posições que nelas ocupa e os papéis ou funções que delas decorrem e se concretizam nas práticas sociais em que está inserida (PINO, 2005, p. 107).

Esta é a “lei genética geral do desenvolvimento cultural” descrita por Vygotsky (1989) para explicar que na história do desenvolvimento cultural do indivíduo, os aspectos socioculturais e psicológicos acontecem primeiramente nas relações sociais, interpsicológicamente e, posteriormente, na atividade mental da pessoa, intrapsicológicamente. É isso que permite ao autor afirmar que o indivíduo não nasce humano, mas se torna humano pela mediação cultural. O desenvolvimento cultural não suprime o biológico e, ao contrário, o transforma e o amplia.

A internalização, portanto, não se dá de maneira apenas intrínseca. “A forma e o conteúdo do pensamento possível ao homem não está em cada sujeito particular, mas nos instrumentos produzidos e disponíveis ao homem ao longo da história” (SFORNI, 2008, p. 04). Sforni (2008, p. 04) enfatiza o papel do sistema de signos, nesse processo: “o sistema de signos, como uma linguagem no plano externo, torna possível a transição do interpsicológico

para o intrapsicológico, pois se constitui em forma de pensamento para quem dele se apropria, processo este que reitera o caráter social do desenvolvimento humano”.

A internalização é um conceito que impacta o processo escolar de apropriação de conhecimentos. Striquer (2017, p. 145) reitera a importância do professor no processo de internalização dos conceitos:

O processo de internalização é de responsabilidade do professor, que se realiza quando este transpõe aos estudantes os conteúdos escolares ou conhecimentos historicamente produzidos. Assim, o desenvolvimento do aluno acontece quando ele internaliza os conteúdos escolares (instrumentos psicológicos) e as operações de uso dos conteúdos, isto é, quando o aluno consegue utilizar os conteúdos nas representações dos fatos e das situações reais de uso, dentro e fora da escola. Neste sentido, as práticas intencionalmente dirigidas, os processos de formação acontecem por meio de uma dupla mediação.

Assim, a partir da mediação entre os sujeitos e entre os sujeitos e o conhecimento historicamente e socialmente produzido, o estudante “adquire os métodos e estratégias cognitivas gerais que são intrínsecos a este conteúdo, convertendo-os em procedimentos mentais para analisar e resolver problemas e situações concretas da vida prática” (LIBÂNEO, 2009, p. 2).

O processo de internalização equivale a pegar para si, de carregar consigo e mais que consigo, em si, apropriando-se de um saber produzido em algum momento da história da humanidade, de modo que o saber de todos se torna o saber de um e vice-versa. Esse processo de internalização, entre outras coisas, permite o avanço do conhecimento científico porquanto o que um inventa já não necessita mais ser inventado, a não ser reinventado, melhorado, aprimorado por outros que virão. É a internalização do conhecimento que possibilita ao sujeito ser dono de seu próprio saber e do que foi conhecido por outros, antes dele. Paradoxalmente, esse próprio saber não existe apenas individualmente se levarmos em conta a condição social e histórica da formação do ser humano.

Tomando-se o ensino de Física, a premissa de Vygotsky de constituição social das funções psicológicas por meio da internalização de conhecimentos sociais e coletivos tem uma importância fundamental: ao se apropriarem de conhecimentos da Física, os alunos do Ensino Médio estarão em um processo de desenvolvimento de suas funções psicológicas superiores, proporcionado pela internalização desses conceitos. Assim, já não se pode conceber o ensino de Física apenas como transmissão de conteúdos ou como processo de reprodução de experimentos físicos para que os alunos assistam, pois ele deve ser um processo de constituição de funções psicológicas superiores.

2.1.3 Zona de desenvolvimento proximal (ZDP)

Para Vygotsky, o portal da consciência humana é a instrução escolar, porque ela propicia a formação da consciência reflexiva (VIGOTSKI, 2007)⁸ Na instrução escolar, a mediação cultural remete ao conceito de zona de desenvolvimento proximal, uma vez que ela atua na aprendizagem e no desenvolvimento do aluno, processos intrinsecamente relacionados e interdependentes.

Vygotsky (1989, p. 94), ao afirmar que “o aprendizado das crianças começa muito antes delas frequentarem a escola” e que o “aprendizado escolar produz algo fundamentalmente novo no desenvolvimento da criança” (VYGOTSKY, 1989, p. 95), permite compreender que a aprendizagem pode ocorrer em qualquer contexto sociocultural, mas o contexto da educação escolar é o mais adequado para que ocorra quando se trata da internalização de conhecimentos científicos.

Objetivando descobrir as relações reais entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizagem, Vygotsky (1989) determinou dois níveis de desenvolvimento. Um deles, denominado nível de desenvolvimento real, que é caracterizado por atividades que a pessoa consegue compreender e fazer de forma independente. Esse nível representa o desenvolvimento retrospectivamente, diz respeito a funções mentais já formadas e capacidades estabelecidas. O outro, o nível de desenvolvimento potencial, abrange as capacidades correspondentes a formas ideais da cultura, os conhecimentos socialmente elaborados que podem vir a ser alcançados pela pessoa. É uma perspectiva de desenvolvimento, prospectivamente, a ser alcançada pelo indivíduo, a depender do contexto em que vive.

A zona de desenvolvimento proximal está entre estes dois níveis. Ela se caracteriza por situar-se entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial, sendo determinada por funções mentais e capacidades que estão se formando, mas ainda não permitem ao indivíduo atuar de forma independente, por isso requer orientação, ajuda, colaboração de outra pessoa mais capaz. Essa zona permite engendrar o futuro imediato da criança e seu estado dinâmico de desenvolvimento. Por isso, Vygotsky (1989, p. 98) afirma que “o estado de desenvolvimento mental de uma criança só pode ser determinado se forem revelados os dois níveis: o nível de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal”.

⁸ Optou-se, neste trabalho, por empregar a grafia Vygotsky, preservando nas citações bibliográficas as grafias adotadas por seus autores.

A observação atenta e o ato de reproduzir padrões comportamentais e mesmo sequências de pensamentos é um passo para o aprendizado. Os atos imitativos do estudante são elementos indicativos de avanço no processo de desenvolvimento. Conforme explicita Chaiklin (2011, p. 668),

[...] o pressuposto crucial é que a imitação é possível porque (a) as funções psicológicas em maturação são ainda insuficientes para sustentar um desempenho independente, mas (b) desenvolveram-se o suficiente para que (c) uma pessoa possa entender como servir-se das ações colaborativas (perguntas-guia, demonstrações, etc.) de outra. A presença dessas funções em maturação é a razão da existência da zona de desenvolvimento próximo. Alternativamente, a zona de desenvolvimento próximo pode ser definida como se referindo àquelas ações intelectuais e funções mentais que a criança é capaz de utilizar em interação, quando o desempenho independente é inadequado.

No processo educacional, a zona de desenvolvimento proximal tem a função de impulsionar, na atividade, as habilidades necessárias e suficientes para avançar, nas condições mais amplas da aprendizagem, qual seja: a apropriação do conhecimento específico que se pretende alcançar. Zanella (1994, p. 108) a define “como campo interpsicológico criado na e pela interação social em que os sujeitos se encontram envolvidos com problemas ou situações que remetem à confrontação de pontos de vista diferenciados”.

Segundo Zanella, ao professor cabe a função de organizar o espaço interativo (formado por indivíduos de diferentes níveis de conhecimento ou apresentar problemas desafiadores e fornecer dicas fomentadoras do diálogo). Isso se justifica dado que o aprendizado cria a zona de desenvolvimento proximal, pois ele “desperta vários processos internos do desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com outras pessoas em seu ambiente e em cooperação com seus companheiros” (VYGOTSKY, 1989, p. 101).

Acatamos a ideia de Vygotsky, ao defender que a aprendizagem antecede o desenvolvimento psicológico do aluno e que o professor precisa elaborar problemas desafiadores que incidam na zona de desenvolvimento proximal. Para que isso seja possível, é preciso que se determinem, antecipadamente, os dois níveis de desenvolvimento, quais sejam: o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. Desse modo, o aluno em atividade de estudo, irá realizar a tarefa coletivamente aos poucos, depois, será capaz de realizá-la de forma individualizada.

O movimento a ser empreendido pelo estudante, para que aprenda e se desenvolva, depende da mediação, tanto por meio dos instrumentos materiais, quanto dos instrumentos psicológicos e, nesses, o signo. Compreendendo a imitação como um primeiro fazer - e que

permite a identificação e o reconhecimento da zona de desenvolvimento real do estudante - é de se pensar nas possibilidades de desenvolvimento proximal que depende do processo de internalização dos conceitos. Sobre isso, Sforni (2008, p. 03) refere que:

No caso das ações mentais, mediante o processo de internalização, os conhecimentos adquiridos transformam-se em instrumentos internos de mediação. Ao longo do processo de desenvolvimento, o indivíduo passa a utilizar signos que substituem os objetos do mundo real. São desenvolvidos sistemas simbólicos que organizam tais signos em estruturas complexas e articuladas. As ferramentas psicológicas estão na gênese e na estrutura das atividades mentais e, portanto, no desenvolvimento de conteúdos e formas de pensamento.

A partir da internalização, o estudante consegue pensar e estabelecer relações sem os instrumentos materiais, fazendo isso de maneira abstrata. É sobre esse momento em que o sujeito internaliza o conceito a ser aprendido que se trata o item a seguir.

Assim, transpondo ao ensino de Física, deve ser considerada a zona de desenvolvimento proximal dos alunos, identificada em situação de observação e por meio de tarefas diagnósticas, para que o professor perceba que capacidades os alunos apresentam de maneira autônoma em relação a um conteúdo e que capacidades estão em vias de se formar, para que o ensino contribua com a sua formação.

2.1.4 Formação de conceitos

Os conceitos descritos nos tópicos anteriores mostram que, na concepção de Vygotsky, o sujeito internaliza o conhecimento a partir da mediação cultural realizada com o auxílio de signos e instrumentos materiais. Cumpre agora abordar o processo de formação dos conceitos.

O conhecimento que o indivíduo adquire, ao longo da existência, permite a sua sobrevivência e a sua permanência em determinado grupo social. Esse conhecimento é construído constantemente no entendimento e na compreensão do funcionamento das coisas que estão postas no mundo. Para tanto, nos valem de conceitos. Inicialmente, conceitos cotidianos, alternativos, espontâneos, ou pré-conceitos que, paulatinamente, vão dando lugar aos conceitos científicos (NÉBIAS, 1999).

Vygotsky (1991, 2007) discrimina dois tipos de conceitos: os cotidianos e os científicos. Os conceitos cotidianos, também denominados de espontâneos, são aqueles que se formam em qualquer ambiente desde que haja interação entre as pessoas e entre pessoas e objetos; eles já são formados desde os primeiros anos de vida da criança. Os conceitos

científicos são assimilados e internalizados na escola, considerado o local onde é possível se ter acesso ao conhecimento historicamente construído e socialmente transmitido de uma geração a outra.

Vygotsky explica que a formação de conceitos, que não se dá de forma simples e nem de imediato, consiste em um processo longo e resulta de uma atividade complexa, em que todas as funções psicológicas básicas (atenção, memória, abstração, capacidade de comparar e diferenciar objetos) participam, iniciando na infância e se estendendo até a adolescência. Para a formação de conceitos, é necessária a palavra: “aprender a direcionar os próprios processos mentais com a ajuda da palavra e dos signos é uma parte integrante do processo de formação de conceitos” (VYGOTSKI, 1989, p. 51).

O processo de formação de conceitos segue uma trajetória constituída por três fases. A primeira caracteriza-se pela atitude da criança de agrupar objetos de forma desorganizada, como um amontoado sincrético, isto é, “na percepção, no pensamento e na ação, a criança tende a misturar os mais diferentes elementos em uma imagem desarticulada, por força de alguma impressão ocasional” (VYGOTSKI, 1989, p. 52). Essa fase inclui três estágios: o grupo é criado ao acaso, por mera suposição e, assim sendo, pode alterar o conjunto a qualquer momento; o segundo estágio consiste na organização a partir da posição espacial dos objetos dispostos; e o terceiro é uma recombinação a partir de grupos já formados em estágios anteriores.

A segunda fase, correspondente a um nível mais elevado, é denominada de pensamento por complexos, em que os objetos são aglomerados a partir de impressões da criança. Porém, isso é realizado a partir da inclusão das relações que de fato existem entre os objetos, de modo que “um complexo é, antes de mais nada, um agrupamento concreto de objetos unidos por ligações factuais” (VYGOTSKY, 1991, p. 53). Um conceito e um complexo se diferenciam pelo agrupamento de atributos. Enquanto o conceito agrupa os objetos de acordo com um único atributo, o complexo os agrupa por ligações tão diversas quanto os contatos e as relações que de fato existem entre os elementos (VYGOTSKY, 1991, 2007).

Os complexos se subdividem em cinco tipos: complexo associativo, complexo por coleções, complexo em cadeia, complexo difuso e pseudocomplexos. Este último é predominante sobre todos os outros tipos, por ser considerado o elo entre o pensamento por complexos e o pensamento por conceitos. Vygotsky (1991, p. 57) exemplifica a formação de pseudoconceitos por meio de uma situação experimental em que uma criança agrupa triângulos, orientada pela semelhança concreta visível, diferente do conceito cuja orientação

se daria pela ideia ou conceito geral de triângulo. Dessa forma, Vygotsky demonstrou que “embora os resultados sejam idênticos, o processo pelo qual são obtidos não é de forma alguma o mesmo que no processo conceitual” (VYGOTSKY, 1991, p. 57), o que sinaliza para os professores que respostas corretas em tarefas propostas no processo ensino-aprendizagem nem sempre são indicativas de que houve a formação do conceito.

Finalizando, o último estágio na formação de conceitos consiste no surgimento de conceitos potenciais até a formação dos conceitos. Nesse estágio, Vygotsky (1991, p. 67) afirma que “durante o desenvolvimento da abstração, o agrupamento de objetos com base na máxima semelhança possível é substituído pelo agrupamento com base em um único atributo”. Dito de outra forma, os conceitos potenciais resultam da abstração de um único traço abstraído que não se perde entre os outros traços, podendo ser formados antes mesmo dos pseudoconceitos.

Na terceira fase da formação de conceitos, o grau de abstração deve possibilitar a simultaneidade da generalização (unir) e da diferenciação (separar). Essa fase exige uma tomada de consciência da própria atividade mental porque implica numa relação especial com o objeto, internalizando o que é essencial do conceito e na compreensão de que ele faz parte de um sistema. Inicialmente formam-se os *conceitos potenciais*, baseados no isolamento de certos atributos comuns, e em seguida os *verdadeiros conceitos*. Essa abstração vai ocorrer na adolescência. *No entanto, mesmo depois de ter aprendido a produzir conceitos, o adolescente não abandona as formas mais elementares; elas continuam a operar ainda por muito tempo, sendo na verdade predominantes em muitas áreas do seu pensamento. A adolescência é menos um período de consumação do que de crise e transição* (NÉBIAS, 1999, p. 02, grifos da autora).

Os conceitos propriamente ditos são formados a partir da abstração de seus atributos, do isolamento de seus elementos e do exame de elementos abstratos, de modo separado da totalidade concreta de que fazem parte. Vygotsky (1991) explicita que, nesse estágio, é tão importante unir como separar elementos constituintes do conceito e que a sua essência está no excesso, na superprodução de conexões com outros conceitos. Concluindo, tem-se que “um conceito só aparece quando os traços abstraídos são sintetizados novamente, e a síntese abstrata daí resultante, torna-se o principal instrumento do pensamento” (VYGOTSKY, 1991, p. 68).

Evidencia-se, nessa instância, a atividade mental que caracteriza a formação de conceitos. Enquanto os conceitos espontâneos são internalizados de maneira desobrigada ao longo da história do sujeito, os conceitos científicos são revestidos de intencionalidade por parte do mediador cuja prática tem a intenção de oportunizar o seu aprendizado e a sua

internalização. Nesse caso, o uso dos instrumentos psicológicos, dos signos, ganha destaque. Conforme ressalta Striquer (2017, p. 146),

[...] o conteúdo em processo de ensino e aprendizagem deve sempre ser tratado de modo a promover no aprendiz reflexão, análise e generalização, processos mentais imprescindíveis à apropriação conceitual. E, para que esses processos aconteçam, é imprescindível que o conceito esteja explícito, a fim de que possa ser conscientizado pelos alunos na condição de um instrumento de generalização.

Para a formação dos conceitos, destaca-se a atividade do sujeito. Quanto mais complexa é a atividade proposta e realizada, maior é o desenvolvimento das funções cognitivas superiores e, assim, transforma-se a zona de desenvolvimento proximal em nível de desenvolvimento real. Tal complexidade, todavia, não faz referência ao fato de conseguir, ou não, compreender ou realizar determinada atividade, mas em estabelecer relação com múltiplos conceitos previamente internalizados.

Enfatize-se, nessas circunstâncias, a plasticidade do processo de aprendizagem e o desenvolvimento do sujeito, considerando que a partir do momento em que é capaz de formular a síntese por meio da abstração e reformulá-la, agregando novos elementos de novos conceitos, aí é quando o desenvolvimento mental se concretiza.

Para se analisar o ensino de Física no Ensino Médio à luz do processo de formação de conceitos, é preciso considerar que esse ensino é oferecido a adolescentes. Portanto, são alunos que, a depender do contexto sociocultural e das condições materiais em que vivem, podem estar na etapa de formação de conceitos verdadeiros, ou seja, atingem um nível elevado de capacidade de abstração e síntese, em um movimento dialético que permite agir com o objeto de estudo no plano intelectual, modificando-o e reconstruindo-o para sua compreensão integral. Desse modo, não basta que o estudante de Física, a título de exemplo, observe constantemente o professor resolver os problemas típicos do ensino dessa ciência ou que se dedique à persistente observação do uso de instrumentos materiais específicos. Cabe ao docente o planejamento e a mediação entre o sujeito/estudante e os fenômenos da Física estudados, construindo, junto do estudante, a consciência e o sentido histórico, social e científico de determinado objeto de conhecimento, uma vez que ele já é capaz de apreender fenômenos da Física e formar pensamento abstrato sobre eles.

2.2 ATIVIDADE E DESENVOLVIMENTO HUMANO

O objetivo deste tópico é apresentar dois conceitos que, juntamente com o sistema conceitual da teoria de Vygotsky, foram fundamentais para que Davydov desenvolvesse a teoria do ensino desenvolvimental e nela explicasse o conteúdo e a estrutura da atividade de estudo. O primeiro deles é o conceito de atividade humana, desenvolvido por A. N. Leontiev. O segundo é a periodização do desenvolvimento humano, desenvolvida por D. B. Elkonin.

2.2.1 Atividade humana

A atividade humana, categoria central no materialismo histórico-dialético, foi adotada por Vygotsky e seus seguidores no estudo do desenvolvimento psicológico humano. Compreende-se, pois, que ao homem a natureza se dá a conhecer permitindo a transformação de seus objetos por razão de uma necessidade social. Lessa e Tonet (2011) reportam-se a Marx, reafirmando a ideia de que o homem, ao transformar a natureza, se transforma e transforma também a sociedade. Esse processo ocorre por meio da atividade prática objetual do homem, que é realizada a partir de uma necessidade humana, social, e tem uma finalidade expressa na orientação do trabalho de transformação do objeto. É a atividade de transformação de um objeto que possibilita ao homem, ao se repetir inúmeras vezes, em momentos historicamente diferenciados, captar a determinação ou causalidade essencial. Também é essa interferência que permite a representação mental do objeto transformado e, mais tarde, reproduzido na forma de designações verbais (conceito).

Kopnin (1978, p. 127-128) afirma que, “o pensamento não pode ser outra coisa senão a imagem subjetiva do mundo objetivo [...] o pensamento é uma forma específica de atividade do homem, é uma atividade intelectual, teórica”. Assim, fica explícito que a atividade intelectual é originada da atividade prática, secundária a ela.

Seu fazer, no mundo, traz implicações para o seu Ser, no mundo. Quando se movimenta para suprir qualquer que seja a sua necessidade, o ser humano dá-se a conhecer e se conhece, no seu “que fazer”. Essa forma de agir para satisfazer necessidades é denominada de trabalho, pois, além de satisfazer suas necessidades, os homens produzem os meios para isso. Ao produzi-los, produzem também o conhecimento sobre eles, sobre suas propriedades, funções e modos de ação. Esses conhecimentos são partilhados, inicialmente, na própria atividade, mediante o uso conjunto e a comunicação entre as pessoas. Paulatinamente, os conhecimentos vão se desvencilhando da atividade e se materializam nos objetos e na linguagem (MOURA *et al.*, 2011).

A capacidade peculiar à condição humana, de reproduzir ações, executar atividades e criar, a partir daí novas possibilidades, representa a ideia de que é por meio da prática que se aprende e que se vai além dela, desenvolvendo estruturas mentais que transcendem os espaços empíricos e conduzem ao aprendizado teórico, científico. Leontiev⁹, psicólogo russo, que juntamente com Vygotsky contribuiu para a elaboração da concepção histórico-cultural do desenvolvimento psicológico humano, dedicou-se especificamente ao estudo e à explicação da atividade humana. Afirma ele:

[...] A análise da atividade constitui o ponto decisivo e o principal método de conhecimento científico do reflexo psíquico, da consciência. No estudo das formas de consciência social está a análise do cotidiano da sociedade, das formas de produção próprias dela e do sistema de relações sociais; no estudo da psique individual está a análise da atividade dos indivíduos nas condições sociais dadas e nas circunstâncias específicas que na sorte afetaram cada um deles (LEONTIEV, 1983, p. 17, tradução nossa).

Leontiev (1983) afirma que a vida de cada indivíduo é feita de sucessivas atividades. É em atividade que o objeto é refletido em imagem subjetiva e é também em atividade que esta imagem ideal é transposta como produto, isto é, objeto material. Entende-se que o homem, em atividade laboral, não só a realiza manualmente como de forma mental, processo que permite analisar a imagem objetiva de forma subjetiva, transformando-a de acordo com os conhecimentos sociais internalizados de forma individual. “O homem apropria-se das significações sociais expressas pela linguagem e confere-lhes um sentido próprio, um sentido pessoal vinculado diretamente à sua vida concreta, às suas necessidades, motivos e sentimentos” (ASBAHR, 2005, p. 111).

Não se trata, portanto, de imitação, apenas, mas de um movimento mental que é executado a partir da atividade realizada e de uma transformação que se dá no modo como o sujeito compreende a atividade que realiza, refletindo, inclusive, sobre si enquanto protagonista nesse processo. A esse respeito, Querol *et al.* (2014, p. 409) elucidam que, em distintas épocas, os significados dos objetos são historicamente modificados:

[...] devido ao fato de os objetos de atividades serem socialmente construídos na história da atividade, eles são, por um lado, dados aos indivíduos a priori e, por outro, interpretados e reconstruídos pelos mesmos indivíduos. O aspecto ideal do objeto, isto é, o conhecimento sobre o objeto e seus significados, é entendido e definido em diferentes épocas e por diferentes atores de diversas maneiras.

⁹ Alexei N. Leontiev foi um importante psicólogo que trabalhou em estreita colaboração com Vygotsky na realização de pesquisas, de 1924 a 1930. Teve como principais objetos de estudo: memória e a atenção deliberada, atividade humana e contexto social, teoria da Atividade. Essa teoria se tornou a base de muitas pesquisas na Rússia. Para mais informações sobre a vida e obra desse autor, consultar Longarezi e Franco (2017).

A atividade humana é um processo material e psíquico, que ocorre simultaneamente, porém de forma distinta. Ao mesmo tempo em que o homem usa instrumentos para transformar o objeto, esse mesmo homem vale-se de signos, principalmente da linguagem, para transformar a si próprio, sendo que o processo ocorre por meio das ações intencionais, que Leontiev (1983, p. 79, tradução nossa) denomina de “processo subordinado à representação daquele resultado que almeja ser alcançado, ou seja, ao processo subordinado a um objetivo consciente”, de modo que o motivo se relaciona com a atividade e o objetivo se relaciona com as ações.

A característica básica constituinte da atividade é o objeto que lhe atribui existência e a orienta, de modo que a distinção entre as atividades ocorre pela diferença que o objeto proporciona. Dessa forma, “o objeto da atividade é seu motivo real” (LEONTIEV, 1983, p. 83). É ele que articula uma necessidade ao objeto e permite o seu conhecimento por meio da percepção ou somente na imaginação, na mente do indivíduo. Assim, não existe atividade sem motivo, pois “A necessidade, objeto e motivo são componentes estruturais da atividade [...] e a atividade não pode existir senão pelas ações” (ASBAHR, 2005, p. 111), isto é, as ações que o sujeito realiza respondem a um objetivo, que emerge a partir de determinadas condições. Desse modo, a ação tem propriedade geradora, criativa, que são formas e métodos intermediadores de sua realização, denominados de operações (LEONTIEV, 1983).

É pertinente compreender que a atividade humana, impregnada de sentido atribuído pelo sujeito, o transforma e o sustenta em um constante processo de aprendizado tanto quanto ele seja capaz de refletir e de se aperfeiçoar em suas atividades e no modo como as realiza e as planeja. Conforme destaca Duarte (2003, p. 285),

Leontiev mostra como as diferenças entre a estrutura da atividade animal e a estrutura da atividade humana produzem diferenças qualitativas entre a estrutura do psiquismo animal e a do psiquismo humano. A estrutura da atividade animal caracteriza-se por uma relação imediata entre o objeto da atividade e a necessidade que leva o animal a agir sobre aquele objeto. Há, portanto, uma coincidência entre o objeto e o motivo da atividade. O resultado imediato da atividade animal acarreta a satisfação da necessidade que levou à atividade, desde que esta seja bem sucedida.

Ao longo da evolução humana, mais precisamente ao longo do processo de passagem da evolução biológica à história social e cultural, a estrutura da atividade coletiva humana foi adquirindo características de mediatização. O que se pretende ressaltar é que a atividade coletiva dos seres humanos foi se transformando, tornando-se uma estrutura complexa, na qual a atividade coletiva passou a ser formada por ações individuais diferentes.

O conceito de atividade humana, interna e externa, bem como a explicação de sua estrutura e composição, desenvolvido por Leontiev, serviu como fundamento para a concepção de educação para o desenvolvimento humano, que fora iniciada por Vygotsky. Outros autores, entre eles Elkonin, se dedicaram a mostrar o papel central da atividade humana em cada período do desenvolvimento desde a infância, demarcando mudanças radicais que se configuram como forças motrizes do desenvolvimento da consciência em cada período. Por isso, o próximo tópico é dedicado à apresentação das ideias de Elkonin sobre a periodização do desenvolvimento humano.

2.2.2 Periodização do desenvolvimento psíquico humano

Daniil Borisovich Elkonin¹⁰ explicou teoricamente a periodização do desenvolvimento psíquico humano à luz da teoria histórico-cultural de Vygotsky. É na teoria da atividade de Leontiev que Elkonin consolida suas ideias (LAZARETTI, 2017, p. 225). Os períodos, marcados pela atividade dominante, também denominada de atividade principal naquela fase de desenvolvimento psíquico, são: atividade comunicação emocional direta; atividade objetal manipulatória; atividade jogo de papéis; atividade de estudo; atividade de comunicação íntima pessoal e atividade profissional de estudo (ELKONIN, 1987).

a) Atividade comunicação emocional direta: corresponde aos primeiros meses de vida da criança e se caracteriza por balbúcies, choramingos, gestos, em apelo à atenção dos adultos. O adulto aprende a reconhecer os sinais e, ao satisfazer os anseios da criança, conversa com ela que, mesmo não compreendendo tais palavras, aos poucos vai tomando parte na atividade. A comunicação emocional é a atividade dominante nesse período. No convívio com a criança, aos poucos, o adulto vai proporcionando a manipulação de objetos, por exemplo, o uso do copo para beber água, o uso da colher para alimentação.

b) Atividade objetal manipulatória: a partir de um ano de idade, a criança, que está sempre em contato com os adultos e que é submetida a seus cuidados, aprende a manipular os objetos, considerando as suas propriedades externas; por isso, manipula uma colher da mesma forma que manipula um lápis ou qualquer outro que se assemelhe. O que determina a

¹⁰ Daniil Borisovich Elkonin foi importante pesquisador que investigou as características dos períodos de desenvolvimento humano. Foi o interesse por psicanálise e suas experiências anteriores com crianças que o aproximaram de Vygotsky e determinaram a esfera de seus interesses: psicologia e pedagogia infantil. Elkonin trabalhou com Vygotsky por quatro anos, quando foram separados pela morte prematura de Vygotsky. Seus estudos e pesquisas avançaram, contando com os colaboradores e seguidores da escola vygotskyana, entre eles: Leontiev, Galperin, Davydov, Zaporozhets (LAZARETTI, 2017).

mudança de período é a necessidade e os motivos que a criança desenvolve e que conduz a considerar a manipulação de objetos a atividade dominante.

c) Atividade jogo de papéis: a partir de três anos de idade, novas atividades vão surgindo, a criança passa a manipular os objetos e brinquedos em ações conjuntas com os adultos, atribuindo-lhe algum significado. A esse respeito, Elkonin (2009, p. 220) afirma que “durante a formação das ações com os objetos, a criança aprende primeiro o esquema geral de manipulação destes com a sua designação social, e só depois se ajustam às operações soltas, à forma física do objeto e às condições de execução das mesmas”. A atividade dominante, nesse período, é o jogo de papéis, caracterizado pelas brincadeiras que as crianças realizam imitando os adultos.

Elkonin (2009) explicita que, na brincadeira, um objeto representa distintas coisas e as ações derivam da representação do objeto naquele dado momento. A criança atribui nome ao objeto, dependendo do que ele significa naquele momento. O autor cita o exemplo de um palito que, nas brincadeiras da criança, pode exercer a função de colher, de faca ou termômetro com ações de alimentar, cortar ou medir a temperatura, respectivamente. A imitação, que se processa nesse período, é considerada pelo autor como relevante para a atividade subsequente, a atividade de estudo.

d) Atividade de estudo: o ingresso na escola marca esse período, determinando o estudo como atividade principal, secundarizando a brincadeira e o jogo, atividades que se fazem presentes, porém, elas não são as mais relevantes. A necessidade por tipos mais sérios de atividade, que já se manifestava no período anterior, passa a aparecer nas exigências e obrigações conferidas à criança. Segundo Elkonin (1987), no processo de estudo, ocorre a assimilação de novos conhecimentos, objeto fundamental do ensino, que promove uma intensa formação das forças intelectuais e cognitivas da criança, “a importância primordial da atividade de estudo [atividade dominante] está determinada, ademais, porque por meio dela se mediatiza todo o sistema de relações da criança com os adultos que a circundam, incluindo a comunicação pessoal na família” (ELKONIN, 1987, p. 119).

Elkonin (2012) entende que o papel da escola é o de transmissão de conhecimentos de uma natureza específica e em áreas específicas, com a finalidade de suprir, por meio do processo de instrução formal, a necessidade de ligação da criança com a sociedade em que ela está inserida. O autor também destaca o importante papel do professor no que se refere ao conteúdo, aos métodos e à organização do ensino, balizado na tese de Vygotsky de que o bom ensino deve promover o desenvolvimento intelectual da criança.

e) Atividade de comunicação íntima pessoal: esse período é marcado pela adolescência, em que predomina o interesse pelas relações sociais, o que coloca a atividade de estudo em segundo plano. Esse período é marcado pelas mudanças no organismo dos indivíduos, principalmente a maturação sexual. Elkonin (2012) considera que, nesse período, o que é determinante para a formação da personalidade dos adolescentes são as mudanças na situação social, a complicação na atividade de estudo, a ampliação e o aprofundamento das relações com os demais, a crescente independência, o aumento das exigências que o adulto lhe confere, o aumento relativo e sua responsabilidade, promovidos pelo seu desenvolvimento físico e suas possibilidades morais e volitivas.

f) Atividade profissional de estudo¹¹: a partir dos 15 anos de idade, já estabelecidas as principais mudanças no organismo dos indivíduos e desenvolvidas as atitudes de compromisso, responsabilidade e coletividade por meio de relações sociais, surge o interesse profissional e a atividade dominante passa a ser o estudo associado ao trabalho. O estudante adquire uma postura de seriedade em relação a si mesmo e em relação à sociedade.

Do exposto, conclui-se que, para o ensino de Física no Ensino Médio, é de extrema relevância considerar a periodização do desenvolvimento explicada por Elkonin. Os estudantes do Ensino Médio encontram-se na fase de formação de conceitos que, segundo Vygotsky, corresponde aos conceitos verdadeiros. Em relação à atividade principal, que se configura como força motriz do seu desenvolvimento, esta já não é a atividade de estudo, como ocorre com crianças de 6 a 10 anos. Eles se encontram no período em que predomina a atividade de comunicação íntima pessoal, sendo que pode também estar presente a atividade profissional. Assim, cabe ao professor desenvolver a percepção sobre como estão orientando a atividade de estudo em relação a outras atividades presentes em suas vidas.

Elkonin (2009, 2012) apresenta a seguinte periodização do desenvolvimento psíquico:

Quadro 1 – Periodização do desenvolvimento psíquico proposto por Elkonin

Estágios	Atividades Principais
Primeira Infância	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicação emocional direta ▪ Atividade manipulatória-objetal
Infância	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jogo de papéis, ▪ Atividade de estudo
Adolescência	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicação íntima pessoal ▪ Atividade profissional/de estudo

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Elkonin (2009, 2012).

¹¹ Também denominada por Elkonin (2012) de “a atividade vocacional ou orientada para uma carreira”.

2.3 A TEORIA DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL FORMULADA POR DAVYDOV

Vasily Vasilyevich Davydov¹², psicólogo e pedagogo russo, pertencente a terceira geração de pensadores da Escola de Vygotsky, nasceu em 1930 e faleceu em 1998. Formou-se em Filosofia e Psicologia no ano de 1953, pela Universidade Estadual de Moscou; concluiu uma pós-graduação em Filosofia em 1958 e obteve o título de doutor em Psicologia no ano de 1970. Suas pesquisas foram desenvolvidas no campo da psicologia pedagógica (LIBÂNEO; FREITAS, 2017).

Davydov (1988) atribui à fundamentação lógico-psicológica da estruturação das disciplinas escolares os problemas do ensino e da educação para o desenvolvimento humano. Em seu entendimento, o conteúdo das disciplinas e os meios para desenvolvê-los no processo didático-pedagógico determinam o nível de consciência e de pensamento que se forma nos estudantes. O estudioso desenvolveu seus estudos em momentos importantes de mudanças significativas da sociedade russa, tempos que sucederam a revolução socialista de 1917, acatando a ideia de que “o nível requerido é o da consciência e do pensamento modernos, cujas principais leis são evidenciadas pela dialética materialista como lógica e teoria do conhecimento” (DAVYDOV, 1988, p. 103).

A base da teoria do ensino desenvolvimental, formulada por Davydov, foi engendrada por pesquisas realizadas na escola Nº 91 de Moscou, contando com a participação de Elkonin. Nessa instituição de ensino, se desenvolveram investigações de cunho teórico e prático com professores e alunos, por um período de 25 anos. Para os autores, a atividade de estudo estava ausente nas escolas e, portanto, tal ausência propiciou aos dois psicólogos e pesquisadores proporem, na década de 1960, a criação de novos programas de ensino. Assim, criou-se o sistema didático Elkonin-Davydov (LIBÂNEO; FREITAS, 2017). A esse respeito, os autores explicitam que:

À época, vigorava nas escolas russas a pedagogia tradicional em que primeiro eram apreendidas as características aparentes dos objetos, em seguida os objetos eram comparados uns com os outros e classificados, resultando na aquisição de conhecimento empírico pelos alunos. Em contraposição, Davydov formulou teoricamente e metodologicamente uma tese inversa: primeiro os alunos devem aprender o aspecto genético e essencial dos objetos, ligado ao modo próprio de operar da ciência, como um método geral para análise e solução de problemas envolvendo tais objetos. Depois utilizando o método geral, os alunos resolvem tarefas concretas, compreendendo a articulação entre o todo e as partes e vice-versa.

¹² Para mais detalhes sobre a vida, pensamento e obra desse pesquisador, consultar Libâneo e Freitas (2017): Vasily Vasilyevich Davydov: a escola e a formação do pensamento teórico-científico.

A esse procedimento mental Davydov deu o nome de “pensamento teórico”. (LIBÂNEO; FREITAS, 2017, p. 336).

Em sua opinião, o processo de ensino-aprendizagem deveria priorizar a formação do pensamento teórico-científico, de modo que a aprendizagem avançaria para além do conhecimento aparente do objeto, por meio da identificação do aspecto genético essencial dos objetos e a sua utilização como método geral para análise e solução de problemas pertinentes a estes objetos (LIBÂNEO; FREITAS, 2017).

Davydov (1988, p. 55-56) reafirma a tese de Vygotsky de que o ensino é essencial e universal no processo de desenvolvimento mental do indivíduo e que, “corretamente organizado, incorpora à vida do indivíduo uma série de processos de desenvolvimento mental que seriam impossíveis de ocorrer fora do ensino”. Portanto, é na escola sob a orientação do professor e em colaboração com seus colegas, que o estudante em atividade de aprendizagem desenvolve a criatividade, a criticidade e a autonomia cognitiva.

A partir de estudos e experimentos fundamentados, principalmente, na teoria histórico-cultural, de Vygotsky, e na teoria da atividade, de Leontiev, Davydov apresentou, em 1970, sua própria teoria (a teoria do ensino desenvolvimental), em que privilegia, como base da formação do pensamento teórico científico, o processo de generalização e os conceitos teóricos. Foi com a colaboração de Elkonin que Davydov realizou experimentos com alunos e professores na escola Nº 91 de Moscou, por um período de 25 anos, objetivando contribuir para mudanças educacionais emergentes na sociedade russa, ancoradas no pressuposto de que crianças pequenas poderiam desenvolver capacidades intelectuais por meio da assimilação do conhecimento teórico (LIBÂNEO; FREITAS, 2017).

A teoria do ensino desenvolvimental apresenta aporte teórico para balizar o processo didático-pedagógico das disciplinas escolares, especificamente de Física, proporcionando as mudanças no ensino tão almejadas, contrapondo-se ao ensino vigente que se caracteriza pela exposição teórica resumida do conteúdo, com exaltação do formalismo matemático e com aplicação em situações-problema, apresentadas no livro didático, que exigem a simples manipulação de expressões matemáticas.

Libâneo e Freitas (2017) esclarecem que Davydov e seus antecessores, Vygotsky e Leontiev, sintetizam a metodologia da atividade de ensino em três momentos não lineares: o da reflexão, o da análise e o do plano interior das ações mentais. O primeiro consiste em orientar os alunos no objetivo da atividade, a fim de que tomem consciência das razões da atividade de aprender, dito de outra forma, é a ação inicial que consiste em ligar os conteúdos com os motivos dos alunos e explicitar o que precisa ser feito e as condições de fazê-lo. O

segundo trata da organização de conceitos centrais a partir de um princípio interno explicativo do objeto, de uma relação geral encontrada no assunto que possibilita ao aluno desenvolver a capacidade de fazer generalizações conceituais e aplicá-las em casos particulares; e o terceiro é o resultado do processo que promove o desenvolvimento da capacidade de operar mentalmente com os conceitos de modo a tornarem-se ferramentas mentais na compreensão e na solução de situações conflituosas, envolvendo o objeto de estudo.

Para tanto, o professor necessita estar engajado no processo de mudanças, possuir domínio dos conteúdos a serem ensinados, porque a ação de planejar unidades de ensino necessita de estudo lógico e histórico dos conceitos, a fim de identificar a relação geral e universal básica do objeto de estudo. Uma vez que o objeto de estudo determina os métodos didático-pedagógicos, de posse desse conhecimento, o professor passa a organizar a atividade de estudo seguindo rigorosamente as ações constituintes de modo a possibilitar que o estudante percorra o caminho que os cientistas realizaram na construção do objeto de estudo. As ações se desdobram em operações que devem ser realizadas coletivamente, de modo que todos os alunos da turma participem ativamente. Segundo Moura *et al.* (2010, p. 223),

A situação desencadeadora de aprendizagem deve contemplar a gênese do conceito, ou seja, a sua essência; ela deve explicitar a necessidade que levou a humanidade à construção do referido conceito, como foram aparecendo os problemas e as necessidades humanas em determinada atividade e como os homens foram elaborando as soluções ou sínteses no seu movimento lógico-histórico.

Desse modo, o objetivo das atividades pedagógicas seria o de estimular os processos de desenvolvimento interno do pensamento do estudante. Não se aprende, pois, senão nas contradições, no pensar a essência, além do fenômeno.

2.3.1 A formação do pensamento teórico no ensino

Davydov (1988, p.103) defende que o modo como o ensino é organizado, nas diferentes disciplinas escolares, interfere na relação dos alunos com o objeto de estudo, afirmando que “o conteúdo e os meios para desenvolvê-los no processo didático-educativo determinam essencialmente o tipo de consciência e de pensamento que se forma nos escolares”. O autor identificou, portanto, dois tipos de pensamento que se distinguem na forma e no conteúdo: o pensamento empírico, produto da pedagogia tradicional e fortemente arraigado nas escolas de seu país; e o pensamento teórico, resultado das buscas pela obtenção

de um nível mais elevado de consciência e de pensamento, requerido pela sociedade socialista que se afirmava.

Davydov (1988) assevera que, embora o pensamento empírico seja importante para a internalização de conhecimentos científicos, ele é insuficiente para oportunizar o desenvolvimento do sujeito em sua omnilateralidade. Está implicado nessa assertiva o fato de que o objetivo, a intencionalidade da atividade de estudo não seria apenas o aprendizado do conceito pelo conceito, mas pelas amplas possibilidades de relações e de abrangência do repertório atitudinal e cognitivo do estudante.

Ademais, importa enfatizar que o pensamento empírico molda o sujeito a partir das representações mentais e sociais já existentes e o mantém refém de caminhos já percorridos, enquanto que a formação do pensamento teórico o convida a percorrer os caminhos já traçados e o instiga a ir além, pensando por si, para si e para além de si. Kopnin (1978, p. 24) corrobora tal entendimento com a afirmação “a passagem do nível empírico ao teórico não é uma simples transferência de conhecimento da linguagem cotidiana para a científica, mas uma mudança de conteúdo e forma do conhecimento”.

Davydov (1997) esclarece que os conceitos empíricos também possuem um sistema, citando como exemplo as relações de espécie e gênero que são ensinadas às crianças na escola primária. Entretanto, os conceitos científicos são estudados em um “certo sistema” que não apresenta um critério efetivo nos escritos de Vygotsky. Assim, principalmente Elkonin, Ilyenkov e Davydov dedicaram suas pesquisas à identificação de critérios precisos para a diferenciação dos pensamentos cotidiano, empírico e teórico, incluindo abstrações, generalizações e conceitos oriundos desses tipos de pensamentos.

A generalização, a abstração e o conceito têm características próprias em cada tipo de pensamento, por isso “o pensamento que se realiza com a ajuda das abstrações e generalizações de caráter lógico-formal somente leva a formar os chamados conceitos empíricos” (DAVYDOV, 1988, p. 107). A generalização empírica consiste na análise e na comparação de objetos com a finalidade de identificar suas semelhanças, distinguir seus atributos, classificá-los de modo que se possa identificar o que há de geral e comum entre eles. Em outras palavras, se estabelece como comum às propriedades que são parecidas em todos os objetos de uma determinada classe. E o autor acrescenta que:

No processo de generalização se dá, por um lado, a busca e a designação com a palavra de certo invariante na multiplicidade de objetos e suas propriedades; por outro, o reconhecimento dos objetos da multiplicidade dada com a ajuda do invariante separado. Na literatura psicodidática e sobre métodos de ensino, a

generalização se caracteriza como a via fundamental para a formação de conceitos nos escolares (DAVYDOV, 1988, p. 104).

Generalização e abstração são inseparáveis; a partir do momento em que o indivíduo separa a qualidade geral, essencial, comum a todos os objetos da classe, essa qualidade se converte em um objeto independente, cuja representação se designa por uma palavra, tornando-se passível de ser imaginado, abstraído. Pode-se afirmar que o pensamento empírico vai do particular para o geral, constituindo-se em concreto o objeto material captado pela percepção visual. Assim, a:

Abstração *empírica* (*empírique*) consiste em retirar qualidades dos objetos, ou das ações em suas características materiais, isto é, daquilo que pode ser observado. Assim como ouço um violão, sinto o odor de um perfume, vejo uma árvore alta e verde, saboreio uma maçã, tato paredes e portas no escuro para me localizar, sigo com o olhar o movimento de um carro ou um avião, também observo ações de pessoas como dirigir um automóvel, digitar um texto, plantar uma árvore, dirigir uma bicicleta, gesticular num discurso, brincar, remar, nadar, escrever à mão ou ler. Tais qualidades, retiradas de objetos (violão, perfume, árvore, maçã, paredes, portas, automóveis, aviões) ou de ações (dirigir, digitar, andar de bicicleta, gesticular, brincar, remar ou nadar) são todas observáveis. Retirar características desses objetos ou ações, isto é, desses observáveis, qualifica as abstrações empíricas (BECKER, 2014, p. 105-106).

Nessa lógica de pensamento, é possível a resolução de tarefas para identificação de determinado objeto, em que se exija apenas a classificação de objetos segundo seus traços externos (DAVYDOV, 1988, p. 107-108). Libâneo e Freitas (2017) explicitam que o “pensamento empírico pelo qual o aluno chega ao conhecimento direto e imediato do objeto, só lhe possibilita apreender seus traços empíricos, de caráter externo, que podem ser descritos, quantificados, medidos, nomeados, definindo suas características imediatas” (LIBÂNEO; FREITAS, 2017, p. 352). Dessa forma, o conceito formado permite apenas nomear suas características externas, que são conhecidas pela percepção, não revelando suas conexões internas e essenciais.

Davydov não descarta a formação do pensamento empírico, considera-o caminho importante, porém não o mais efetivo para o desenvolvimento mental do indivíduo, de forma a que ele se torne sujeito autônomo, crítico e criativo no desempenho de suas atividades laboral e cognitiva. Portanto, o autor defende a formação do pensamento teórico durante a atividade de estudo planejada e orientada pelo professor.

O pensamento teórico desvela a essência do objeto, por meio das contradições entre as propriedades internas e externas e nas relações com outros objetos, isto é, confere significados ao conceito. “O objeto de conhecimento não é mais a realidade como aparece aos sentidos,

mas é a realidade - objeto-científico - construída pela teoria, na relação sujeito-objeto” (BORBA; VALDEMARIN, 2010, p. 30).

Davydov (1988) defende o ensino educacional voltado à formação do pensamento teórico ou dialético, uma vez que entende ser este o caminho que promove o desvelar das propriedades internas do objeto, determinando o concreto como unidade das diferentes definições. Dessa forma, “o pensamento dialético põe em evidência as passagens, o movimento, o desenvolvimento, graças ao qual pode examinar as coisas de acordo com a natureza própria delas” (DAVYDOV, 1988, p. 111). Nesse sentido:

O pensamento teórico é o processo de idealização de um dos aspectos da atividade objetual-prática, a reprodução nela, das formas universais das coisas. Tal reprodução tem lugar na atividade laboral das pessoas como experimentação objetual sensorial peculiar. Depois, este experimento adquire cada vez mais um caráter cognoscitivo, permitindo às pessoas passar, com o tempo, aos experimentos realizados mentalmente (DAVYDOV, 1988, p. 127).

É por meio do pensamento teórico que são reveladas as propriedades internas do objeto, em conexão com as externas, e que se caracteriza a existência mediada, refletida e essencial do movimento do objeto material. Esse tipo de pensamento opera com conceitos que, ao mesmo tempo, são forma de reflexo do objeto material e meio de sua reprodução mental, de sua estruturação. “O conceito aparece aqui como a forma de atividade mental, por meio da qual se reproduz o objeto idealizado e o sistema de suas relações, que em sua unidade refletem a universalidade ou a essência do movimento do objeto material” (DAVYDOV, 1988, p. 128).

Por meio do pensamento teórico, o homem cria e recria o objeto de forma a atender suas necessidades e o faz por meio de análise de suas relações e conexões com outros conceitos. Para Davydov (1988, p. 130) “os conceitos historicamente formados na sociedade existem objetivamente nas formas de atividade humana e em seus resultados, ou seja, nos objetos criados de forma racional”. Assim, os indivíduos atuam com conceitos já existentes anteriormente na sociedade, captando-os e apropriando-se deles na sua hominização.

O pensamento teórico opera com conceitos que existem interligados em um sistema, de maneira que, isoladamente, o conceito só pode ser objeto de exame empírico. É aí que se situa a diferença fundamental entre os dois tipos de pensamento. Peres e Freitas (2014, p. 20) escrevem que “para o pensamento teórico não é suficiente apenas classificar os objetos e fenômenos a partir da observação direta de suas características particulares e imediatas, pois o que de fato o constitui é a sua essência, compreendida a partir de suas relações mediadas”.

Na dependência empírica, a coisa aparece isoladamente como realidade autônoma, de modo que as propriedades externas podem ser descritas verbalmente como resultado de observações visuais, uma vez que se repetem, constituindo propriedades específicas identificadoras da classe dada. Em contraposição, as propriedades internas, das quais também e especialmente se ocupa o pensamento teórico, se dão a conhecer de forma mediada, de modo que o presente e observável deve se relacionar mentalmente com o passado e o com as potencialidades do futuro. Dessa forma, o conteúdo do pensamento teórico compreende a relação universal e o particular, de maneira que o conceito revela a essência, o universal, àquilo que revela as inter-relações de objetos isolados dentro de um todo. Nesse sentido, Kopnin (1978, p. 158) assevera:

[...] o reflexo em toda a sua *imediaticidade* é um traço característico do conhecimento sensorial-concreto. O geral e o essencial não estão separados, não estão diferenciados do singular e do casual; a relação entre o geral e o singular não *se baseia em sua necessidade*, mas se manifesta como dado empírico. [...] o sensorial concreto é apenas o ponto de partida e não o ponto supremo do conhecimento.

Kopnin (1978) explica que o caminho para passar do abstrato sensorial ao concreto no pensamento é complexo e contraditório, “para passar da concreticidade autêntica, o conhecimento perde temporariamente a concreticidade em geral e passa ao seu oposto: ao abstrato” (KOPNIN, 1978, p. 158). A operação com abstrações é inevitável para o conhecimento científico, embora a abstração não represente o objeto sob a forma real, sua imagem, ela tem por conteúdo aquilo que realmente existe. O pensamento abstrato está vinculado ao objeto material por meio das sensações, que o tornam distanciado da realidade material, porém se aproxima à medida que se apreende a sua essência. É pela abstração que se apreende aquilo que é inacessível à contemplação viva, e os homens apreendem os mais profundos processos da natureza e da vida social.

O pensamento teórico se afasta do concreto, passando de noção para abstração, depois retorna a ele, uma vez que se cria um novo concreto, denominado de concreto pensado, que representa o conhecimento mais profundo substancial dos fenômenos da realidade, porque reflete, com o seu conteúdo, diversos aspectos substanciais, conexões e relações em sua vinculação interna necessária, “o concreto fornece a identidade dos contrários” (KOPNIN, 1978, p.162).

É por meio do procedimento da ascensão do abstrato ao concreto que se formam os conceitos teóricos, ao mesmo tempo em que os estudantes desenvolvem o pensamento teórico. A reprodução idealizada das formas universais das coisas (sua essência) é desvelada

pelo pensamento teórico. Enquanto o pensamento empírico revela as propriedades externas do objeto, o pensamento teórico atém-se às conexões internas que se mostram significativas quando colocadas junto a outros objetos da mesma espécie, à universalidade do objeto, sua essência. Isso ocorre na mediatização que ocorre por meio de signos e da semiótica, o que permite dar significado ao objeto transformado.

Davydov (1988) apresenta as ideias de V. Bíbler que, por sua vez, destaca as particularidades do experimento mental capaz de formar a base do pensamento teórico, que passa não mais a operar com representações, mas com conceitos. Inicialmente, o objeto do conhecimento é colocado mentalmente em condições nas quais sua essência pode ser revelada com especial determinação. A seguir, a coisa dada se converte em objeto das posteriores transformações mentais e, finalmente, no experimento dado se forma um sistema de conexões mentais em que se insere o dito objeto.

Segundo Davydov (1988, p. 127), “o pensamento teórico é o processo de idealização de um dos aspectos da atividade objetual-prática, a reprodução nela, das formas universais das coisas”. O pensamento teórico opera com conceitos e não mais com representações. Infere-se, portanto, que o conceito atua como forma de reflexo do objeto material e, ao mesmo tempo, como meio de sua reprodução mental, de sua estruturação.

Hedegaard e Chaiklin (2005) entendem que o conceito teórico geral focaliza a contradição entre as exigências das relações sociais, dentro das quais uma pessoa atua e o estado atual de suas capacidades mentais é desenvolvido. O simples fato de uma pessoa não dispor de todas as exigências e possibilidades presentes na situação é uma contradição importante que cria condições apropriadas para o desenvolvimento de novas funções psicológicas.

Para os autores, o processo educacional deve realizar a integração entre conceitos cotidianos, oriundos de tradições e práticas institucionais sociais (família, creche, clube, Igreja) e os conceitos da matéria a ser ensinada na escola, de modo que a internalização de conhecimentos da matéria seja facilitada pelos conhecimentos cotidianos e estes últimos sejam levados a patamares mais elevados, agregando significado.

2.3.2 Método da ascensão do abstrato ao concreto

O método da reflexão dialética marxista de ascensão do abstrato ao concreto consiste em um procedimento de desenvolvimento do pensamento teórico e de formação de conceitos. Nesse método, o ponto de partida se encontra na realidade tal qual ela se apresenta na sua

imediatez, que se reproduz no pensamento como conceito simples das coisas, captado nas suas relações mais simples.

Nesse estágio inicial do procedimento, o concreto, como ponto de partida, expressa uma generalidade de forma indeterminada, fragmentada e desconectada da totalidade, isto é, o objeto visto sem suas relações. É por meio da abstração realizada no processo mental que o homem dá significado ao conceito, ou seja, faz emergir as complexas determinações presentes no concreto imediato que não se dão a conhecer nesse primeiro momento. Desse modo, resulta o concreto pensado que nada mais é do que o conceito científico, carregado de significações que se destacam, dependendo do contexto histórico em que é evidenciado e permite sua validação quando utilizados na realidade concreta do homem social (DAVYDOV, 1988).

Lompscher (1999, p. 6) destaca duas etapas principais no procedimento da ascensão do abstrato ao concreto: a formação de abstrações iniciais e o estudo do material concreto por meio de abstrações correspondentes aos objetivos instrucionais e ao conteúdo, quanto permitam, da abstração inicial. A primeira etapa correspondente à abstração inicial e contém somente os traços e as relações mais importantes do objeto de estudo; a segunda, referente ao processo de ascensão, corresponde à “diversidade do concreto que é penetrada cognitivamente e a própria conceitualização abstrata é transformada e enriquecida pelo conteúdo concreto”.

Indo além, questiona-se a própria conceitualização de “abstrato”. O autor prefere nomear esse processo que, normalmente, se utiliza como oposto do concreto, como abstração substantiva, determinando ainda que os processos mentais, inerentes à primeira observação do não desenvolvido para o todo desenvolvido, são reais e completamente observáveis. Nas palavras de Lompscher (1999, p. 7, tradução nossa), “abstrações são os meios necessários para penetrar no material de aprendizagem e constitui somente resultados intermediários de aprendizagem”.

Quanto à generalização substantiva, ela se realiza pela análise de determinado todo com a finalidade de desvelar sua relação geneticamente inicial, essencial, universal, como base da unidade interna deste todo. Dito de outra forma, no processo de formação da generalização substantiva em que se descobre a relação geral básica ou universal, aquela (a generalização substantiva) assume a forma objetual-sensorial (DAVYDOV, 1988). Assim, conforme Davydov (1988, p. 152):

Em certo sentido, pode-se dizer que a generalização substantiva consiste, predominantemente, na redução dos diversos fenômenos à sua base única; o conceito teórico, na dedução da correspondente diversidade como certa unidade. O

resultado da redução tem que assegurar a dedução, isto é, ser ao mesmo tempo a forma inicial do conceito; a realização da dedução deve explicitar a legitimidade da redução, isto é, ser ao mesmo tempo a forma da generalização. Ou seja, a redução e a dedução estão indissolivelmente ligadas e se realizam uma por meio da outra.

Nesse sentido, pode-se afirmar que o desenvolvimento ocorre por meio de uma constante atitude que implica em estabelecer relações e restabelecer padrões mentais voltados para a compreensão da essência, além do fenômeno, do universal e daquilo que é particular. Assim, ocorre o processo de ascensão do abstrato para o concreto.

Para que, de fato, haja aprendizado, haja ensino capaz de desenvolver mentalmente o sujeito, importa haver interferência do indivíduo junto ao objeto a ser analisado, aprendido, compreendido, sabido. A reprodução de padrões e o recitar de ideias não pode ser compreendido como concreto desenvolvimento mental do sujeito. Davydov (1988, p. 175) enfatiza que:

Quando os escolares começam a utilizar a abstração e a generalização iniciais como meios para deduzir e unir outras abstrações, elas convertem as estruturas mentais iniciais em conceito, que fixa certa “célula” do objeto estudado. Esta “célula” serve posteriormente para os escolares como princípio geral para orientar-se em toda a diversidade do material fático, que devem assimilar em forma conceitual por via da ascensão do abstrato ao concreto.

O método dialético, por excelência, é determinante no processo educacional que objetiva a formação do conhecimento teórico; portanto, segue-se uma sucinta distinção entre conhecimento empírico e teórico.

Se por um lado, o método prioritariamente positivista incentiva a fidelidade da reprodução de ideias e informações e da formação dos conceitos empíricos, há de se considerar a formação do pensamento teórico como oportunidade de organizar e reorganizar os saberes e conhecimentos para que sejam internalizados a partir de uma criticidade e da capacidade de abstração de singular valia. Abordar a formação do pensamento teórico nas de aulas de Física requer trazer para a pauta das discussões uma arriscada mudança na postura do professor que deixa de ser o “ser” pensante da sala de aula, para tornar-se um dos seres pensantes da sala de aula. Significa dizer que o estudante passa a ser entendido com o alguém capaz de abstrair, de pensar objetivamente a partir do simbólico e de reconstruir essas significações com bases teóricas, não apenas com base no que é dado como certo e definido.

Considerando essa inferência, é imprescindível destacar a profunda significação da teoria do ensino desenvolvimental para o ensino de Física, particularmente no Ensino Médio, em que os alunos já se encontram em um período de desenvolvimento da formação de

conceitos que lhes possibilita trabalhar intelectualmente com o pensamento teórico, de acordo com a lógica dialética do conhecimento. Assim, eles podem ultrapassar a simples percepção dos fenômenos da Física na vida cotidiana, bem como as explicações orientadas pelo pensamento assentado na lógica formal, para atingir uma explicação altamente elaborada, decorrente da utilização da lógica dialética para a compreensão desses fenômenos.

2.3.3 A atividade de estudo

Como abordado anteriormente, a atividade de estudo é a atividade principal das crianças em idade escolar e tem como função a apropriação dos modos generalizados de atuação material e cognitiva, necessárias à transformação da realidade. Davydov (1988, 1999) outorga ao conteúdo das matérias escolares a base do ensino desenvolvimental e assegura que os métodos de organização do ensino emanam desse conteúdo. Dessa forma, o autor ressalta o importante papel do professor, aquele que detém o conhecimento do objeto de estudo em profundidade e permanece em constante apreensão de suas particularidades; por isso, assume o seu papel de forma responsável com capacidade para prover meios para que os escolares se tornem sujeitos de sua aprendizagem, desenvolvendo criticidade e deixando aflorar sua criatividade durante as tarefas a que se submetem.

A atividade de estudo foi estruturada em correspondência com o procedimento de ascensão do abstrato ao concreto em que se utilizam abstrações, generalizações substantivas e conceitos teóricos. Por meio desse procedimento, o aluno reproduz as riquezas teóricas acumuladas e expressas pela humanidade na forma de cultura, assimilando o conhecimento teórico, a consciência e o pensamento teórico (DAVYDOV, 1988; 1999). Tal processo não se dá de forma individualizada, isto é, a busca investigativa por respostas ao problema de aprendizagem na atividade de estudo, composta por ações e operações, ocorre de forma coletiva entre alunos e de alunos com o professor.

Davydov (1988, 1999) organiza a atividade de estudo incluindo o desejo nos elementos constituintes da atividade, nomeados antecipadamente por Leontiev (necessidades, motivo, tarefas, ações e operações). O autor justifica a inclusão do desejo por acreditar que a necessidade nem sempre é suficiente para o engajamento do estudante no processo ensino-aprendizagem. Faz-se pertinente que o estudante, além de sentir a necessidade da aquisição de conhecimentos, habilidades e competências cristalizados na cultura, deseje realmente apreendê-los. Os elementos: desejo, necessidade e motivos devem ser formados no aluno de

modo constante e gradual, durante toda a atividade de estudo. A esse respeito, Davydov (1988, p. 170) escreve que:

[...] a necessidade da atividade de estudo estimula as crianças a assimilarem os conhecimentos teóricos; os motivos a assimilar os procedimentos de reprodução destes conhecimentos por meio das ações de aprendizagem, orientada para a resolução de tarefas de aprendizagem ([...] tarefa é a união do objetivo com a ação e das condições para o seu alcance).

A atividade de estudo, segundo o princípio da ascensão do abstrato ao concreto, tem sua origem em uma tarefa ou uma situação problema cuja solução exige dos estudantes postura investigativa, que lhes possibilitará a formação das correspondentes ações de aprendizagem.

Interpretando Davydov, Freitas (2016) apresenta as características básicas da atividade de estudo, expressas em ações: a primeira consiste na transformação dos dados da tarefa de aprendizagem para determinação de uma relação geral e universal do objeto de estudo. Nessa ação, o estudante analisa a tarefa apresentada e verifica que não pode resolvê-la com os métodos conhecidos por ele; engaja-se, então, no processo de busca e apreensão da relação geral e universal que identifica o objeto de estudo e que, portanto, se manifesta em todos os casos particulares da mesma espécie.

A segunda ação corresponde à confecção de modelos que podem ser apresentados na forma de textos, gráficos ou desenhos, cuja função é a de fixar a relação geral e universal do conceito, presente nas condições da tarefa de estudo, e que é desencadeadora do processo de ensino e aprendizagem escolar. Ressalta-se que o conteúdo do modelo expressa as características internas do objeto.

Outra ação consiste na transformação do modelo (como a introdução de um erro na relação geral) com o fim de estudar minuciosamente as propriedades da relação geral, evidenciada nele, e, dessa forma, reforçar a essência do objeto de estudo. Transformando o modelo e reconstruindo-o, o estudante pode estudar as propriedades internas da relação que geralmente são ocultas pelos traços particulares. A quarta ação consiste na resolução de inúmeras tarefas semelhantes àquela desencadeadora do processo de ensino e aprendizagem por meio do núcleo do conceito assimilado anteriormente, isto é, a relação geral e essencial do objeto de estudo que, paulatinamente, se concretiza em procedimento geral de solução de problemas da mesma espécie.

As outras duas ações correspondem à avaliação e ao monitoramento ou controle do processo ensino-aprendizagem, de modo que o monitoramento assegure a realização das

ações de forma correta e ativa por todos os alunos, auxiliados pelo professor e seus colegas. Quanto à avaliação, sua realização deve ser constante, tanto pelo professor quanto pelos próprios estudantes em todos os passos da atividade de estudo. A avaliação consiste em uma reflexão para determinar o nível de assimilação do procedimento geral de solução de problemas pertinentes ao objeto de estudo. Portanto, compete tanto ao professor quanto ao aluno avaliar constantemente o progresso na formação do conceito teórico-científico (DAVYDOV, 1999).

De crucial importância é a necessária compreensão de que a avaliação não deve ter caráter de categorização dos estudantes, qualificando-os ou desqualificando-os como aprendizes. Na contramão da avaliação extremamente segregacionista (e desmotivadora), que estabelece rótulos e patamares, identificando o não saber e conformando-se com o fato de que nem todos nasceram para aprender Física, a avaliação - em Davydov - faz parte da atividade de estudo e está distante de representar o ponto de chegada, o fim do processo de aprendizado.

A relevância desse modo de compreender o processo avaliativo como tal, e não como um elemento pontual e indicativo de que se pode seguir adiante com os conceitos, deixando para trás aqueles que não conseguiram internalizar o que precisariam para acompanhar a jornada de aprender, é um diferencial que implica atribuição de sentido para o aprendizado de Física. Há conceitos, instrumentos psicológicos, cujo aprendizado é requisito para a internalização de outros mais complexos. Se a avaliação põe o ponto final e não significa retomada - percorrer o caminho novamente, de outra maneira -, então, ela liberta o professor de sua responsabilidade no processo de mediação e aprisiona o aluno em algum trecho do caminho, impedindo-o de seguir adiante. É preciso que seja enfatizada a subjetividade dessa perspectiva, pois cabe ao docente posicionar-se de maneira crítica e consciente diante do processo avaliativo, instruindo e construindo junto do estudante essa conduta de autoanálise e responsabilidade para consigo.

Hedegaard (2002, 2005), concluindo que Davydov não considerou em seus estudos e pesquisas as práticas sociais que interferem na educação escolar, procurou compreendê-las e introduzi-las no processo didático-pedagógico como propulsoras do desenvolvimento mental dos estudantes. Suas ideias estão consolidadas na teoria do ensino radical-local.

2.4 CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD PARA O ENSINO DESENVOLVIMENTAL

Mariane Hedegaard¹³ concebe como finalidade central da educação escolar ajudar as crianças a desenvolverem competências e motivos relevantes para a sua participação na vida em sociedade e, para isso, o conteúdo desenvolvido na instituição escolar deve ser relevante para a qualidade de vida que se vive posteriormente. Para tanto, a autora formulou a teoria do ensino radical-local fundamentada nos pressupostos teóricos de Vygotsky, Leontiev, Elkonin e Davydov (HEDEGAARD, 2005).

Libâneo e Freitas (2019) explicitam que a autora, antes de conhecer a obra de Davydov, aproximadamente no ano de 1980, realizava seus estudos investigando as relações entre práticas institucionais, cultura, condições históricas e sociais de vida e atividade de aprendizagem dos alunos. A partir de então, interessou-se também pela aprendizagem escolar, agregando a seus estudos a formação do pensamento teórico. Hodiernamente, suas pesquisas envolvem a união das tradições sociais e culturais com conhecimento e aprendizagem em práticas institucionais.

Hedegaard (2002, 2005, 2013) formulou a teoria do ensino radical-local também com base na teoria de Vygotsky, principalmente no que se refere ao desenvolvimento conceitual da criança que, segundo o autor, se dá a partir do crescimento em complexidade de conhecimento acerca das relações entre eventos concretos e aspectos abstratos do domínio de um assunto. Considerando que conhecimentos cotidianos são importantes no ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos, articulou-os na forma do “duplo movimento no ensino”, afirmando que: “o encontro potencial entre conceitos da matéria cotidiana e científica dá a possibilidade para as crianças desenvolverem uma compreensão mais sistemática e analítica das questões, condições e problemas que estão presentes em suas condições de vida” (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005, p. 4).

A atenção que a pesquisadora atribui aos saberes culturais advindos com a criança é um diferencial por conta da necessária atribuição de sentido ao que é aprendido e apreendido por parte do estudante. Em muito se assemelha à compreensão de Vygotsky, ao tratar da

¹³ Mariane Hedegaard é Doutora e PhD em Psicologia, nasceu em 08 de maio de 1943, na Dinamarca, e assumiu funções importantes na área de pesquisa em educação. Destaca-se, no período de 1987 a 1994, a sua atuação como Membro do Conselho do Instituto Dinamarquês de Pesquisa Educacional em Copenhague e, no período de 1988 a 1989, foi Membro do Conselho de Pesquisa sobre Desenvolvimento da Criança e Jovem (BUPL) em Copenhague. A cientista, em 2010, recebeu o título de Doutorado honorário na Universidade de Pablo de Olavide, Sevilha/Espanha, no período de 2007 a 2017, foi pesquisador sênior, da Universidade de Oxford, e desde 2002 até os dias atuais, desempenha a função de professora de Psicologia do desenvolvimento, em cursos atrelados ao departamento de Psicologia, na Universidade de Copenhague/Dinamarca. Dados disponíveis em: [https://psychology.ku.dk/Academic_staff/?pure=en%2Fpersons%2Fmariane-hedegaard\(93b4e86d-28b5-4265-b2e5-4a9b801f97c8\)%2Fcv.html](https://psychology.ku.dk/Academic_staff/?pure=en%2Fpersons%2Fmariane-hedegaard(93b4e86d-28b5-4265-b2e5-4a9b801f97c8)%2Fcv.html). Acesso em: 5 abr. 2019.

historicidade da formação humana, mas avança ao estabelecer explicitamente essa relação entre o cotidiano e o científico, enquanto prerrogativas de desenvolvimento do sujeito.

Portanto, o processo ensino-aprendizagem deve estar relacionado às condições locais dos estudantes, expressadas na cultura adquirida nas práticas institucionais de que participam. Não se compreenda que o processo educacional se restrinja à atenção do professor e dos alunos aos conhecimentos locais; o que a autora defende é “o enriquecimento da compreensão do geral através da compreensão de sua expressão e manifestação no local, enquanto se enriquece a compreensão do local usando conceitos gerais do assunto” (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005, p. 41).

A educação escolar voltada à intersecção de conhecimentos e práticas locais com o conhecimento científico possibilita aos alunos a base, constituída por aspectos conhecidos do assunto a ser estudado, alicerçando a aprendizagem do conteúdo estudado, de modo que este, ao ser apropriado pelos estudantes, passe a ser usado na solução de situações-problema vislumbradas no lar, na comunidade e no trabalho. Nas palavras de Hedegaard e Chaiklin (2005, p. 4):

a tarefa do ensino é desenvolver conceitos científicos para que eles tenham a especificidade e a facilidade concreta das aplicações dos conceitos cotidianos, ao passo que os conceitos cotidianos são atraídos para um sistema científico de conceitos. O conhecimento da matéria torna-se, desse modo, integrado com o conteúdo das tarefas e situações de vida da criança fora da escola e pode se tornar ferramentas conceituais funcionais da criança.

Em sua teoria, Hedegaard valoriza e destaca as práticas institucionais como fontes dos variados tipos de conhecimento e pensamento. A prática institucional é compreendida pela autora como um todo integral, realizado pelas ações e interações entre múltiplos participantes. Ela destaca a escola, a comunidade e a família, como as principais instituições em que a criança participa e nas quais adquire conhecimentos e valores morais oriundos de tradições e práticas, desenvolvidas nesse contexto. São três as perspectivas que favorecem a produção, a reprodução e o desenvolvimento dessa prática: societal, correspondente aos interesses e tradições de uma sociedade, formalizados em leis e regulamentos, predominantemente na escola; geral, que é guiada por perfis generalizados e individuais, que caracterizam atividades partilhadas por pessoas em instituições específicas, predominante na instituição família. Na visão da autora, as três perspectivas devem ser integradas a fim de promover o desenvolvimento intelectual na criança (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005).

Essa compreensão deriva da concepção de ensino radical-local, defendido por Hedegaard. Os princípios do ensino radical-local têm pressupostos que fundamentam a ideia

de que os três aspectos das práticas institucionais (social, geral e individual) devem estar integrados no processo ensino-aprendizagem.

Para Hedegaard, o ensino radical-local consiste em uma transformação dialética do conceito tradicional, identificando seu foco na inter-relação necessária entre os conteúdos da matéria, da comunidade local e o desenvolvimento da criança na prática pedagógica. Hedegaard e Chaiklin (2005, p. 8) explicitam que, por meio desse ensino, se deve “enriquecer a compreensão do geral através da compreensão de sua expressão e manifestação local e, simultaneamente, enriquecer a compreensão do local usando conceitos gerais de uma matéria”.

Os estudos de Hedegaard apontam, portanto, para a integralidade do ser, para a inteireza do desenvolvimento humano. De certa forma, a pureza conceitual do que é cotidiano e do que é científico é impossibilitada justamente porque, embora o conceito científico seja puro e objetivo, a subjetividade reside nas relações sociais e, por conseguinte, na formação de cada ser humano que, dentre outras coisas, produz ciência. Libâneo e Freitas (2019) inferem que, no ensino radical local, é necessário compreender o conhecimento geral e social em relação ao conhecimento e condições locais dos alunos nos lares, nas comunidades, nos contextos de trabalho, para que se compreendam esses conhecimentos e condições locais por meio de conceitos gerais, universais, formulados dentro das tradições investigativas do assunto.

O objetivo do ensino escolar, na visão de Hedegaard, é de fornecer às crianças o motivo e o método para pensar teoricamente em situações concretas e contribuir para a formação da sua personalidade. As atuações da criança em atividades realizadas junto de outras pessoas, nas instituições, promovem a formação de motivos e o desenvolvimento cognitivo. Os pares, em diferentes níveis, atuam como propulsores do processo de desenvolvimento, a partir do instante em que provocam movimento no padrão comportamental e cognitivo do infante. Porém, como destaca Hedegaard (2013, p. 28), é tarefa do professor a criação de “condições para a aprendizagem de modo que ela será desenvolvimental, é ajudar a criança a se mover da perspectiva de eventos locais e práticas da vida cotidiana para a perspectiva de possíveis eventos e capacidades”. Atividades desenvolvimentais são aquelas que ocorrem dentro da zona de desenvolvimento proximal. A pesquisadora define o nível superior da ZDP como os conteúdos que as crianças vão aprender e o nível inferior como aquele relacionado às experiências individuais e aos conhecimentos cotidianos, compartilhados na comunidade e na escola.

Hedegaard e seus colaboradores (2005, 2013) afirmam que procura avançar em relação a pesquisas de Aidarova, Davydov, Lompscher, que se limitaram ao estudo de formas de conhecimento e conteúdo da matéria, criando uma abordagem vygotskiana sensível às condições culturais e históricas concretas dos alunos, até então não consideradas pelos pesquisadores mencionados. Desse modo, Hedegaard e Chaiklin (2005) apresentam razões que dão credibilidade à utilidade do ensino radical no planejamento pedagógico: facilidade em planejar situações de ensino que sejam motivadoras para as crianças devido à ligação com sua comunidade local, que deu origem a seus conhecimentos cotidianos; relacionar o conteúdo da matéria a ser ensinada aos aspectos da comunidade local das crianças facilita o uso de conhecimentos prévios nas situações de ensino-aprendizagem; relacionar conceitos acadêmicos gerais às situações cotidianas e locais oferece condições adequadas para perceber a ideia de transformar conceitos acadêmicos em conceitos sociais ricos e ativos, que são usados pela criança para pensar e agir.

Refletindo sobre os instrumentos psicológicos e sobre o desenvolvimento das funções cognitivas superiores a partir da internalização dos conceitos empíricos e teóricos, é de se auferir a necessidade de compreender o ato de aprender como a capacidade de estabelecer relações entre o que é estudado e a vida cotidiana. Realizar esse feito é, todavia, uma empreitada complexa. Hedegaard propõe uma prática pedagógica que dê conta de contribuir para que o estudante conecte o científico ao trivial ato de viver no mundo fora da escola. A ironia contida na última assertiva reforça a atribuição de sentido ao que se aprende, que é compreendido como uma condição essencial para a pesquisadora. Não se trata, no entanto, de atribuição de sentido apenas por meio simbólico ou por meio prático. O aprendido deve estar impregnado de significação de tal forma que ao estudante não restem dúvidas da importância de aprendê-lo, seja para os bancos escolares, seja para além deles. Portanto, o foco se situa em como desenvolver uma compreensão dos conceitos acadêmicos por meio de tópicos e questões das situações locais de vida locais. Indo adiante, essa compreensão pode ser usada de forma mais competente nas diversas situações do cotidiano.

Dentro da perspectiva do ensino radical-local na educação, o estudo da comunidade não é um fim em si mesmo, ou um instrumento de mediação para criar condições de desenvolver habilidades básicas [...]. Deve-se levar a sério que o conteúdo acadêmico da escolarização precisa ser relacionado à situação de vida local da criança. [...] ligar o conteúdo dos materiais de ensino de forma que também objetive o desenvolvimento educacional e pessoal dos alunos (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005, p.13, cap.3).

Avançando um pouco mais, Hedegaard propõe que o ensino seja culturalmente sensível, que busque priorizar um ensino-aprendizagem relacionado às condições locais de vida dos alunos. Visa, também, ajudar estudantes a usar o conhecimento científico aprendido na escola para compreender as relações encontradas na vida cotidiana entre a cultura da comunidade em que vivem e outras culturas, tais como uma cultura dominante ou de outras comunidades (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005).

Hedegaard afirma apoiar-se no argumento de Vygotsky, de que a aquisição de conhecimentos da matéria amplia o significado dos conhecimentos cotidianos, e que conhecimentos da matéria só podem ser entendidos e tornarem-se funcionais se eles se basearem nos conhecimentos cotidianos. Esta relação, ao ser consolidada, implica em que o conhecimento da matéria se torne ferramenta para a análise e para as reflexões sobre as atividades cotidianas do escolar.

Em outras palavras, Hedegaard (2011, 2018) considera que o conhecimento precisa fazer sentido para os alunos. Concordando com Davydov e com Lompscher, ela entende que a modelação teórica do objeto estudado é uma ferramenta para analisar fenômenos concretos. A motivação e o interesse são destacados por ela como elementos indispensáveis à aprendizagem. Embora ambos os elementos estejam ligados no indivíduo, a motivação também está ligada à atividade coletiva da qual o estudante participa. O interesse está ancorado nas estruturas emocionais formadas no seu desenvolvimento, resultantes das atividades nas quais ele participou e o modo como o afetaram, podendo também ser evidenciado por meio de incentivos às atividades futuras.

Nesse sentido, a autora sugere que o trabalho desenvolvido pelo professor seja planejado para despertar o motivo e o interesse nos alunos para apreensão do escolar e das habilidades relativas a ele, deve proporcionar um ensino que permita às crianças serem ativas e exploradoras. O ensino almejado pela autora é realizado por meio da abordagem do “duplo movimento no ensino”, que consiste no processo de educação escolar, que possibilitam uma aprendizagem desenvolvimental baseada no conceito de zona de desenvolvimento proximal, formulado por Vygotsky.

A abordagem do duplo movimento no ensino enfatiza as relações entre conceitos cotidianos já adquiridos, conceitos da matéria a ser ensinada e o conhecimento local. Tais relações se objetivam em tarefas de aprendizagem, criadas para integrar o conhecimento local com relações conceituais nucleares de um conteúdo para que a pessoa adquira o conhecimento teórico com potencial para utilização em práticas locais. Na compreensão dos autores, “a

abordagem do duplo movimento fornece um caminho para concretizar ideias” (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005, p. 10).

Objetivando a promoção de integração de conhecimentos científicos, locais e cotidianos, Hedegaard e Chaiklin (2005) desenvolveram pesquisas por meio de experimento didático-formativo, abordando o duplo movimento no ensino. Segundo Freitas (2012, p. 143-144), o que se busca é “integrar o conhecimento local dos alunos com relações conceituais nucleares de uma matéria” identificando a ocorrência do “movimento didático que parte do abstrato para o concreto e do concreto para o abstrato”.

O ensino organizado na abordagem do duplo movimento, de acordo com Hedegaard e Chaiklin (2005), consiste na atuação do professor como promotor do movimento que parte das propriedades abstratas e leis gerais do conteúdo a ser ensinado, para a realidade e, de forma inversa, a aprendizagem dos alunos deve ser ancorada no conhecimento pessoal cotidiano e evoluir para leis gerais e conceitos abstratos do conteúdo. Para tanto, os autores definiram quatro princípios norteadores da implantação do duplo movimento na prática escolar:

- a) Utilização de um modelo nuclear de conteúdo que está sob a investigação para orientar o ensino.

Esse princípio consiste no planejamento do professor com a construção de tarefas de aprendizagem, considerando os conceitos gerais do problema chave, conceitos que compõem o modelo nuclear de um determinado assunto. Na transposição para a sala de aula, o papel do professor é de orientar o diálogo e apresentar as tarefas, objetivando que os alunos construam o seu modelo nuclear. Para Hedegaard, o modelo nuclear é identificado a partir de dois aspectos relevantes: o primeiro deles refere-se às relações básicas entre os conceitos complementares ao conteúdo, de modo que qualquer alteração em um dos aspectos da relação tem sua influência manifestada em outros aspectos representados; o segundo compreende as relações básicas que podem ser identificadas nas complexidades concretas da vida.

Formar um modelo nuclear exige um profundo conhecimento de quem o elabora e sua utilização eficaz exige do professor um trabalho de compreensão deste modelo. Longe de ser um conteúdo a ser transmitido didaticamente, no modelo nuclear, o ensino ocorre por meio de tarefas, projetos, exercícios e questões baseadas nas relações gerais, elaboradas pelo professor. Esse modelo incorpora, simultaneamente, as formas de as crianças formularem perguntas e explorarem os seus interesses sobre o conteúdo das atividades realizadas. Segundo Hedegaard (2011, p. 30), o professor trabalha com um grupo de crianças e tem que compreender como criar esta relação para todo o grupo. Tal intento se torna possível porque

as crianças entram na escola com algum conhecimento comum, adquirido das tradições compartilhadas em práticas tanto na vida familiar quanto comunitária. As tarefas escolares podem criar possibilidades para as crianças cooperarem e explorarem a sua comunidade local.

- b) Utilização de estratégias de pesquisa que sejam análogas ao modo como investigadores investigam problemas.

Para que ocorra a aquisição do conhecimento teórico, faz-se necessário a participação ativa dos alunos na busca por soluções de problemas apresentados na forma de tarefas exploratórias propostas pelo professor. Portanto, é importante que, no início de cada aula, ocorra um diálogo a fim de lembrar procedimentos da aula anterior. A seguir, os alunos são orientados a compreender e refletir sobre o problema, passando a construir o modelo nuclear e novas relações conceituais exigidas na solução. Sugere-se que seja realizado um registro de princípios investigados bem como o progresso na investigação. O procedimento de pesquisa deve ser usado para estruturar atividades em cada sessão de ensino.

- c) Criação de fases no processo ensino aprendizagem que reflitam mudanças qualitativas no processo de aprendizagem da criança.

Em cada aula, as atividades de aprendizagem podem ser caracterizadas como investigações guiadas e estruturadas em três fases: construção de uma imagem dos objetivos de aprendizagem; ações de aprendizagem para construir e utilizar um modelo nuclear e procedimentos de pesquisa; avaliação do sucesso da atividade de aprendizagem. Tais investigações devem refletir tanto a evolução das necessidades de mudanças na pesquisa quanto as condições que possibilitam a identificação dos modelos nucleares, bem como de procedimentos para a pesquisa.

Os autores apresentam a sequência básica de estratégias de ensino dentro da abordagem do duplo movimento:

1. Apresentar tarefas que orientem os alunos na construção de uma imagem do assunto, objetivos de aprendizagem e a área do problema a ser investigado.
2. Apresentar tarefas que guiem o aluno para formular e utilizar um modelo nuclear para investigar uma área de problema e para adquirir procedimentos para exploração ativa.
3. Apresentar tarefas que guiem o aluno para avaliar o modelo nuclear e sua própria apropriação de conhecimentos e habilidades na pesquisa da área de problema (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005, p.76)

Inicialmente, ao professor cabe a organização e gestão das discussões e atividades nas sessões diárias, porém paulatinamente, os alunos se tornam responsáveis pela gestão das suas próprias atividades e adquirem competência na utilização do procedimento de investigação e

do núcleo de relações conceituais. O planejamento do professor para as tarefas específicas dentro do programa geral de ensino deve adaptar-se idealmente a estas mudanças qualitativas na competência dos alunos.

- d) Formação de motivação na sala de aula por meio da criação de tarefas para pesquisa e pela facilitação de comunicação e cooperação entre as crianças.

A motivação e o interesse pela aprendizagem de conhecimentos científicos são despertados, nos alunos, a partir de tarefas elaboradas pelo professor que instiguem a investigação, contemplem oposições, conflitos e contrastes, que exija dos alunos cooperação entre eles e, finalmente, que se promova um diálogo para a confrontação de respostas, sugestões e comentários. Nesta abordagem, o plano de ensino deve avançar de características abstratas e leis gerais de um conteúdo para a realidade concreta dos estudantes e, inversamente, a aprendizagem dos alunos deve ampliar-se de seu conhecimento pessoal cotidiano para leis gerais e conceitos abstratos de um conteúdo.

A teoria de Hedegaard tem contribuições a oferecer para a busca de mudanças no ensino de Física quando se tem em vista um ensino que leve à formação de conceitos teóricos. Considerar o motivo e o desejo de aprender algo de forma relacionada à experiência local do aluno e, ao mesmo tempo, ajudá-lo a superar essa experiência, é algo que se mostra muito promissor para o ensino de Física. Hedegaard traz, a partir da compreensão que tem sobre a sensibilidade à cultura, a significância de uma docência também sensível às particularidades da realidade dos estudantes, o que tem relevância para o ensino de Física, pois os alunos possuem distintas realidades locais e culturais. De modo algum esse entendimento denota descuido para com os conceitos científicos. Antes, representa atenção ao fato de que há muito na sociedade que pode fazer parte da formação na escola. Como uma via de mão dupla, o cotidiano e o científico são mobilizados para fomentar o desenvolvimento do estudante.

CAPÍTULO III

O CONCEITO CALOR

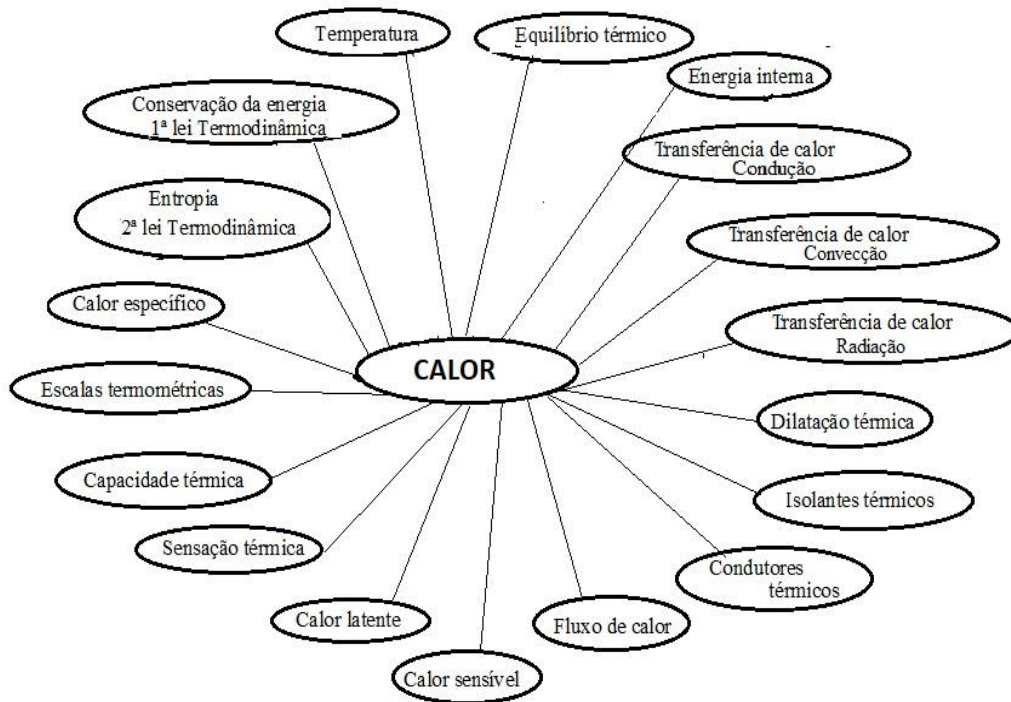
O objetivo deste capítulo é discutir sobre o Calor como um conceito fundamental a ser aprendido na disciplina de Física durante o Ensino Médio. Busca-se, inicialmente, mostrar o lugar ocupado por esse conceito em relação a outros dentro desta disciplina. Em seguida, apresenta-se a orientação oficial acerca do ensino desse conceito no Ensino Médio. Considerou-se, também, relevante destacar os problemas relatados na literatura científica relativa ao ensino-aprendizagem do conceito Calor, os quais contribuíram para justificar a escolha desse conceito para ser abordado no experimento didático-formativo. Por fim, desenvolve-se uma análise possível do conceito Calor como base para a proposição do ensino desenvolvimental.

3.1 A IMPORTÂNCIA DA APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR

No sistema de conceitos que compõem os conteúdos de Física no Ensino Médio, o conceito Calor é fundamental por ser unificador, relevante e abrangente em relação a outros conceitos desta disciplina. Sua importância decorre também das inúmeras relações que ele apresenta com diversas áreas do conhecimento.

A fim de mostrar a importância deste conceito e sua relação com outros dentro da disciplina, buscou-se representar sua relevância por meio da Figura 1, apresentada a seguir. Na Figura 1, o conceito “Calor” é destacado no centro, associado a diversos outros, compondo um conjunto que constitui o ramo da Ciência Física denominado Termologia. Em outras palavras, o Calor é um conceito que necessariamente precisa ser compreendido como uma base e um instrumento intelectual para o aluno no estudo de todos os conceitos associados a ele.

Figura 1 – Sistema conceitual Calor



Fonte: gráfico elaborado pela autora.

A Figura 1 representa a relação do conceito “Calor” com outros conceitos do ramo da Física denominado Termologia e Termodinâmica, justificando a necessidade do ensino aprendizagem deste conceito para facilitar a internalização dos demais. Os conceitos Temperatura e Energia Interna fazem parte da relação universal do Calor. Internalizada essa relação, o conceito Calor passa a ser utilizado como ferramenta mental e é identificado como nuclear nos demais conceitos citados.

Para melhor compreensão do sistema conceitual, apresenta-se, a seguir, a relação do conceito Calor com os demais apresentados na Figura 1, cujo conteúdo foi embasado, principalmente, nas publicações de Hewit (2002), Vanin (2005), Sias (2008), Pádua *et al.* (2009), Araújo (2011), entre outros.

Considere-se que os conceitos não surgiram por acaso, não são aleatórios. Sua gênese corresponde a períodos históricos com características sociais, econômicas e culturais bem definidas e se encontra cristalizada na cultura.

A termodinâmica é um dos pilares da Física Clássica e seu estudo se assenta na visão macroscópica de um sistema, constituído por conceitos, tais como o calor, o trabalho mecânico, a energia interna, a entropia etc., com importância científica e tecnológica, política,

econômica e social. Na categoria científica, sua relevância se deve à solidez do pilar que se assenta, pois é um dos conceitos da Física que tem um caráter essencialmente empírico.

Na categoria tecnológica, hodiernamente, esta ciência está presente nos refrigeradores, nos motores de combustão interna dos veículos, nos dispositivos utilizados para o conforto térmico, nas turbinas a gás, nos motores a jato, nos motores de foguetes etc. Nas categorias econômica, política e social, tem-se a evolução desta ciência intimamente correlacionada com a Revolução Industrial, assumindo papel relevante no desenvolvimento da máquina a vapor, fundamental para o êxito da indústria pesada e para os meios de transporte em geral (PÁDUA *et al.*, 2009).

Pretendemos, com essa síntese, demonstrar a íntima relação do conceito “Calor” com os conceitos da Termodinâmica, apresentados na Figura 1. Para a construção do conceito teórico científico do “Calor”, parte-se da ideia de quente e frio a partir de sensações térmicas, explicitando que essas sensações estão associadas ao movimento das moléculas que constituem o corpo. Cientistas construíram o termômetro visando medir uma grandeza física, denominada temperatura. A temperatura de um corpo está associada ao efeito do movimento de suas moléculas, pela soma de suas energias. A temperatura pode ser medida em diferentes escalas termométricas, sendo que as mais utilizadas são: Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

O estudo do conceito “Calor” envolve esse processo de relação entre sensação térmica e temperatura com o movimento das moléculas do corpo. Ressalta-se que um corpo isolado termicamente é condição necessária para a medida da sua temperatura, isto é, a medida do movimento das moléculas que o constituem, associando a energia interna do corpo¹⁴.

A transferência de energia interna de um sistema para sua vizinhança ou para outro sistema pode ocorrer por meio do “Calor”, cuja existência está atrelada à condição de diferentes temperaturas entre os corpos ou sistemas envolvidos. Tal transferência pode ocorrer de três maneiras diferentes: por condução, por convecção ou por radiação. Condução é o processo de propagação de energia por calor que pode ocorrer entre partes de um mesmo corpo a diferentes temperaturas ou corpos em contato e que acontece de molécula para molécula, a partir das colisões ocasionadas pela agitação térmica. Convecção é o processo que ocorre em um fluido quando o fluxo de energia por calor se dá pelo movimento de porções (ou quantidades) do fluido que se deslocam de uma região à temperatura mais alta para outra,

¹⁴ Nos materiais existe uma grande quantidade de energia guardada, pois as moléculas que os constituem estão em constante movimentação, o que já lhes confere energia cinética; por interagirem com as moléculas vizinhas, possuem energia potencial elétrica ao nível molecular. Existe uma grande quantidade de energia associada aos núcleos atômicos, e ainda a “energia de existir”, descrita por Einstein $E = mc^2$ (equivalência massa-energia. “A energia dentro de uma substância encontra-se nessas e em outras formas, as quais, quando consideradas conjuntamente, formam o que denominamos **energia interna**” (HEWIT, 2002, p. 313-314).

à temperatura mais baixa. A radiação consiste na propagação de energia por meio do calor que se dá através de ondas eletromagnéticas, denominadas radiação infravermelha. Esse tipo de propagação pode ocorrer também no vácuo.

A dilatação ou contração térmica ocorre quando a temperatura de um corpo varia. Essa variação na temperatura produz variações nas dimensões do corpo. Materiais diferentes dependem de diferentes quantidades de energia recebida para alterar o movimento de suas partículas; esse entendimento gerou a formulação dos conceitos de Calor específico e Capacidade térmica. O Calor específico de qualquer substância se refere à quantidade de energia requerida para alterar a temperatura de uma unidade de massa da substância em um grau. Já a capacidade térmica corresponde à quantidade de energia recebida de ou cedida por uma quantidade de massa (m) de um corpo por meio do calor para variar sua temperatura em um grau Celsius.

Identificam-se duas consequências que podem ocorrer em um sistema, a partir da variação de energia interna que se dá por meio do “Calor”. Denominou-se de calor sensível a quantidade de energia necessária para variar a temperatura do corpo ou sistema e denominou-se de calor latente a quantidade de energia necessária para que ocorra mudança na estrutura do corpo, isto é, na disposição das moléculas que o constituem e que identificam seu estado físico.

Diferentes materiais requerem diferentes quantidades de energia transferida por meio do calor para elevar sua temperatura em determinado número de graus. Materiais que apresentam capacidade térmica e calor específico maiores, variam seu estado energético com maior rapidez quando comparados com aqueles que possuem valores menores para essas grandezas físicas. Portanto, corpos constituídos de substâncias com valores de capacidade térmica e de calor específico elevados são considerados bons condutores de energia por calor; já aqueles que possuem valores baixos para essas grandezas físicas são considerados maus condutores¹⁵ de energia por calor. Essas características do material são importantes na determinação do fluxo de energia por calor.

O princípio da conservação da energia deu origem à Primeira Lei da Termodinâmica que relaciona as grandezas físicas energia interna, calor e trabalho e pode ser enunciada da seguinte forma: A variação de energia interna de um corpo ou sistema é proporcional à energia recebida por meio de “Calor” e a energia cedida por meio do trabalho mecânico, ou vice-versa.

¹⁵ Maus condutores de energia por calor são geralmente denominados isolantes térmicos.

Depois de instituído esse enunciado para a Primeira Lei da Termodinâmica, os cientistas entenderam que um sistema único, formado por mais de um corpo de mesma temperatura, deveria ser considerado sistema em equilíbrio térmico. E esse conceito deu origem a Lei Zero da Termodinâmica, nome justificado devido a sua formulação que sucedeu a primeira Lei, e foi assim enunciada: “se dois corpos A está em equilíbrio térmico com B e, B está em equilíbrio térmico com C, significa que A e C estão em equilíbrio térmico” (SIAS, 2008)¹⁶.

Foram os estudos de Carnot (1796 -1832) publicados em 1824, com abordagem racional da relação entre “Calor” e trabalho, relacionados ao estudo teórico do mecanismo de funcionamento das máquinas térmicas, que conduziram à visualização do segundo princípio da termodinâmica com os seguintes enunciados: a energia interna não passa de um corpo para o outro por meio do “Calor” de forma espontânea; a variação da entropia sempre é maior que zero para sistemas irreversíveis e é impossível construir uma máquina térmica que, ao operar em ciclos, transforme integralmente a energia obtida por calor em trabalho mecânico, pois parte dessa energia é dissipada para o meio ambiente ou algum sistema de refrigeração. Portanto máquinas térmicas, como locomotivas a carvão e motores de automóveis não possuem rendimento de 100%, ou seja, nem toda energia é transformada em trabalho.

Alguns desses conceitos são aprendidos nas relações entre pessoas e com as atividades do cotidiano e, de certa forma, facilitam a vida das pessoas. É o que ocorre, por exemplo, com: o uso da panela de pressão e de panelas com cabos de madeira, o aquecimento de um vidro de conserva para retirada de sua tampa metálica, o uso de aquecedores ou resfriadores de ambientes e o uso de determinados materiais para dificultar a perda de energia por calor, entre outros.

Em nosso entendimento, o estudo sistematizado do conceito Calor pode proporcionar a compreensão do funcionamento da panela de pressão e o porquê da existência da válvula de escape, o que facilita o seu uso e acidentes podem ser evitados por meio de cuidados com a válvula. Os cabos de madeira, componentes das panelas, foram pensados a partir do conhecimento das propriedades térmicas dos materiais, pois, para evitar queimaduras, devem-se usar materiais maus condutores de energia por “Calor”. Já a alocação dos aparelhos de otimização do ar (ar condicionado, estufas...) depende da temperatura almejada. Por exemplo, em moradias da Região Sul, em que as temperaturas podem atingir valores negativos, são

¹⁶ Atividades disponíveis em: <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/>. Acesso em 22 abr. 2020.

instalados sistemas de aquecimento adaptados à lareira, constituídos por dutos que conduzem energia a todos os cômodos da casa por condução, por convecção e radiação.

Já o ar condicionado deve ser instalado em ambientes fechados e a potência do aparelho deve ser adequada à quantidade de energia (BTUs)¹⁷ que precisa ser retirada ou adicionada para atingir o conforto térmico, a qual é calculada de acordo com a área do ambiente, considerando, ainda, o período diário de incidência de sol, a quantidade de janelas, entre outros aspectos. O aparelho deve ser instalado em uma posição mais alta possível no ambiente que se deseja resfriar, para possibilitar as correntes de convecção e obter o efeito desejado.

3.2 CALOR COMO CONTEÚDO: ORIENTAÇÕES PEDAGÓGICAS OFICIAIS PARA O ENSINO MÉDIO

O Ensino Médio no Brasil, até dezembro de 2018, esteve orientado, principalmente, pelo documento Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), versão disponível no site do MEC que data de 2000 e que foi reforçado pelos PCN+, outro documento que detalha mais a proposta. Nos PCN, o Ministério da educação define que os professores devem buscar novas abordagens metodológicas com a meta de dar significado ao conhecimento escolar, mediante à contextualização, à interdisciplinaridade e ao incentivo ao desenvolvimento do raciocínio e à capacidade de aprender do aluno. A concepção de educação está expressa nos PCN:

A educação deve estar comprometida com o desenvolvimento total da pessoa. Aprender a ser supõe a preparação do indivíduo para elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir por si mesmo, frente às diferentes circunstâncias da vida. Supõe ainda exercitar a liberdade de pensamento, discernimento, sentimento e imaginação, para desenvolver os seus talentos e permanecer, tanto quanto possível, dono do seu próprio destino. Aprender a viver e aprender a ser decorrem, assim, das duas aprendizagens anteriores – aprender a conhecer e aprender a fazer – e devem constituir ações permanentes que visem à formação do educando como pessoa e como cidadão (BRASIL, 2000, p. 16).

A proposta, disseminada para o Ensino Médio por estes documentos citados, consiste em uma formação geral, objetivando o desenvolvimento da capacidade dos alunos para pesquisar, buscar, selecionar e analisar informações, aprender, criar e formular e não apenas

¹⁷ A sigla BTU significa Bristish Thermal Unit ou Unidade Térmica Britânica. Um BTU é a quantidade de calor [energia] necessária para reduzir a temperatura de uma libra de água (0,4536 litros) em um grau Fahrenheit (0,53 graus Celsius) (ARAÚJO, 2011).

memorizar conhecimentos (BRASIL, 2000). Esse argumento apresenta a necessidade urgente de dar novos rumos à educação escolar para que ela seja orientada para a formação de competências, tais como: capacidade de abstração, desenvolvimento do pensamento sistêmico, criatividade, capacidade de pensar múltiplas alternativas para solução de problemas, trabalhar em equipes, disposição para procurar e aceitar críticas, desenvolvimento do pensamento crítico, da capacidade de expressão e de busca do conhecimento de forma autônoma. O ensino, nessa perspectiva, possibilita “combater a dualização da sociedade, que gera desigualdades cada vez maiores” (BRASIL, 2000, p. 12).

Especificamente para o ensino de Física, a preocupação se volta em “para que” ensinar Física, definindo como objetivo geral, preparar o jovem para saber:

[...] lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante. Finalidades para o conhecimento a ser apreendido em Física que não se reduzem apenas a uma dimensão pragmática, de um saber fazer imediato, mas que devem ser concebidas dentro de uma concepção humanista abrangente, tão abrangente quanto o perfil do cidadão que se quer ajudar a construir (BRASIL, 2000, p. 4 -5).

Nesse sentido, no documento Parâmetros Curriculares Nacionais+ (PCN+) com referência ao ensino de Física, define as competências gerais a serem formadas pelos alunos:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado (BRASIL, 2006, p. 02).

Há que se fazerem escolhas quanto aos conteúdos de Física ministrados no Ensino Médio, uma vez que os conhecimentos da área, acumulados ao longo da história da humanidade, são vastos. A seleção desse conhecimento tem sido feita, tradicionalmente, em termos de conceitos considerados centrais em áreas de fenômenos de natureza física diferentes, delimitando os conteúdos de Mecânica, Termologia e Termodinâmica, Ótica e Eletromagnetismo.

Em vista dessa realidade, os documentos oficiais orientam o ensino de Física por meio de temas estruturantes dentro de áreas de conhecimento desta Ciência. Por exemplo, em

Termologia e Termodinâmica, o ensino do conceito calor deveria abranger Calor, ambiente e usos de energia (unidades temáticas: fontes e trocas de calor, tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores, o calor na vida e no ambiente, energia: produção para uso social), para serem desenvolvidos na segunda série do Ensino Médio, geralmente no primeiro semestre letivo.

A nosso ver, essa finalidade posta oficialmente para o ensino de Física tem sua contribuição para a formação dos jovens no Ensino Médio quando estabelece que os conhecimentos são instrumentos para a compreensão do mundo e que a formação dos alunos deve torná-los atuantes, solidários e participantes da realidade. Entretanto, ao que parece, essa finalidade não se concretizou e não se concretiza, uma vez que os estudos e pesquisas analisados mostram o contrário. Conforme Chiquetto (2011), o ensino de Física, apesar de permanecer propedêutico e focado em expressões matemáticas, pode ser modificado e desenvolvido por meio de novas abordagens, alicerçadas nas propostas inovadoras dos PCN e PCN+. Entretanto, os documentos foram publicados há mais de dez anos e a prática no ensino permanece a mesma, com mudanças pontuais. O autor alerta que os professores criticam o ensino vigente, porém não conseguem aplicar em sua ação didático-pedagógica, em sala de aula, as mudanças que percebem ser necessárias.

Faz-se importante relatar que, em dezembro de 2018, foi promulgado pelo Ministério da Educação um novo documento oficial orientador dos currículos, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que, embora apresente novas orientações, não descarta as orientações presentes nos PCN. Entretanto, no momento da realização desta pesquisa, esta orientação ainda se encontrava em fase de implantação, motivo pelo qual se manteve a análise baseada nos PCN.

3.3 OS PROBLEMAS RELATADOS NA LITERATURA CIENTÍFICA EM RELAÇÃO AO ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR

As pesquisas referentes ao ensino de Física, referenciadas no primeiro capítulo, foram realizadas especialmente nas escolas brasileiras e evidenciam deficiências no ensino por meio de relatos de alunos e professores e dados obtidos nas avaliações em larga escala. Essa inquietação não é de hoje. Arrastando-se por anos, continuando a ser demonstrada nos trabalhos científicos publicados na revisão de literatura, os estudiosos apontam a insatisfação de toda a comunidade escolar (pais, alunos, professores, educadores...) ao tratar da Física e do ensino tradicional vigente.

Especificamente sobre o Calor, as pesquisas revelam que o ensino e a aprendizagem são considerados difíceis, pela metodologia de ensino se restringir quase que exclusivamente ao ensino transmissivo e com foco em fórmulas e cálculos matemáticos e, também, porque a Teoria do Calórico ainda está muito arraigada na cultura popular sob a forma de conhecimento cotidiano, definido por Vygotsky (1989, 1991, 2001, 2007) como conhecimento obtido por meio de experiências vivenciadas pelas pessoas em contextos fora da escola. Cindra e Teixeira (2004) ressaltam a presença da palavra calor desde os primeiros anos de vida da criança, identificado por elas por meio dos órgãos dos sentidos, em especial o tato, pois, além de reconhecer objetos quentes ou frios, elas professam “sentir calor” em lugares cuja temperatura encontra-se elevada.

Esses autores apresentam frases proferidas por pessoas de diferentes níveis sociais e culturais cujo conteúdo designa calor como substância ou fluído, contrariando a teoria vigente do calor energia: “sem calor não haveria vida, tudo morreria”; o calor “pode queimar”, “o gelo derrete”, “arde a pele” e é “parecido com fumaça”; “metal deixa o calor entrar facilmente”; “fogo passa calor”. Os autores comentam, inclusive, que livros didáticos destinados ao Ensino Médio contêm frases que estabelecem princípios inadequados nos quais o calor encontra-se expresso como fluido contido nos corpos, passível de passar de um corpo para o outro. Os autores exemplificam com as frases: “é o fluxo de calor cedido ou absorvido”, “passa calor do primeiro para o segundo”, “o calor que tem um corpo”, “a energia térmica que toma ou cede”, e assim por diante (CINDRA; TEIXEIRA, 2004, p. 180).

Essas compreensões, presentes no cotidiano, permitem entender que o conceito Calor está sendo compreendido e utilizado de forma equivocada. Nesse sentido, Silva, Laburú e Nardi (2008) alertam que este conceito é um dos mais difíceis de aprender, atribuindo às fontes de informações oral e escrita¹⁸, principalmente, a dificuldade de compreensão do conceito.

Também Souza e Justi (2011) demonstraram inquietação com relação a expressões substantivistas referentes ao conceito energia, utilizadas pelos alunos e descritas em várias pesquisas sobre o ensino de Ciências. Nesse contexto, eles realizaram estudo de caso com alunos da segunda série do Ensino Médio de uma Escola Pública Federal, visando analisar a relação existente entre a linguagem utilizada em contexto específico de ensino, neste estudo-aula sobre energia e transformações químicas, e a construção (sic) de conhecimento,

¹⁸ Os autores não explicitam quais são as fontes de informação oral e escrita, porém nossa compreensão é de que são as exposições dos professores, livros didáticos, expressões de pessoas em seu cotidiano, publicações em jornais.

fundamentada em Vygotsky, especialmente nos conceitos de mediação (modelagem de conceito por meio de desenhos) e interação social (atividade coletiva).

Os autores comentam que o planejamento inicial foi alterado a partir de um questionamento realizado por uma aluna durante a aplicação piloto da estratégia. Ela perguntou: “Como o sistema pode ter liberado calor para o ambiente se ele se aqueceu? E como pode ter absorvido calor se lá dentro ficou frio” (SOUZA; JUSTI, 2011, p. 41).

Foi esse fato que promoveu a reflexão e a discussão com professores até a aceitação pelos próprios autores de que as palavras utilizadas poderiam reforçar as concepções substancialistas nas respostas dos alunos. A análise de dados permitiu concluir que muitos alunos permaneceram fazendo uso de expressões substancialistas do conceito energia, o que é justificado pelo intenso uso dessa linguagem pelos professores, nos textos e livros didáticos (SOUZA; JUSTI, 2011).

Essa inquietação com a linguagem já havia sido demonstrada por Amaral e Mortimer (2011) em pesquisa de revisão literária com trabalhos relacionados ao conceito Calor. Para isso, selecionaram, prioritariamente, os autores Erickson (1985), Silva (1995), Mortimer e Amaral (1998), cujos trabalhos versaram, respectivamente, sobre concepções de estudantes acerca de calor e temperatura; sobre as trajetórias cognitivas dos alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de Calor e Temperatura, mas que, ao mesmo tempo, trata do desenvolvimento histórico desses conceitos; e sobre as ideias de calor e temperatura, presentes em situações de ensino de termoquímica.

Fundamentados em Bachelard e no trabalho de Chi, os autores procederam a uma análise das pesquisas para construir um perfil conceitual dos estudantes. Eles determinaram cinco zonas para o perfil conceitual de Calor: realista, animista, substancialista, empírica e racionalista. Amaral e Mortimer (2011, p. 12) ressaltam que seu estudo pode contribuir para situações de ensino, isto é, “o estudo das ideias dos alunos em sala de aula poderá ser feito a partir da identificação do contexto de produção das ideias, levando em conta as diferentes maneiras de falar vinculadas a diferentes contextos e zonas do perfil conceitual”.

Sias (2006) desenvolveu uma pesquisa para melhorar o ensino de Física, por entender que cabe ao professor combater as dificuldades dos alunos, apresentando novas estratégias de ensino. Considerando as atividades de laboratório indispensáveis ao ensino e a necessidade de aquisição automática de dados por meio de um dispositivo do tipo CBL (do inglês *Calculator Based Laboratory*), que havia sido adquirido recentemente pela Instituição de Ensino onde a

pesquisa seria realizada, a autora elaborou material didático¹⁹ referente a conceitos de Física Térmica (entre eles o de Calor) que foi utilizado na pesquisa de campo com alunos do Ensino Médio de uma Escola Federal do estado do Rio Grande do Sul. Após a aplicação da proposta, a autora constatou que os alunos, ao realizarem os experimentos de forma coletiva, organizados em grupos compostos por quatro alunos, estiveram motivados tanto na construção do experimento quanto nas discussões levantadas durante a exploração da atividade, o que promoveu melhor compreensão dos conteúdos envolvidos nos fenômenos físicos abordados.

Entende-se que mudanças não ocorrem de modo imediato. Pelo contrário, são lentas e adquirem consistência a partir de pesquisas e experimentos didáticos. É possível constatar que elas (as mudanças) iniciaram com simples acréscimos de tarefas motivadoras, bem como com o uso de aparatos tecnológicos avançados e, hodiernamente, embora de forma tímida – os estudantes já processam a associação da teoria com a prática, orientados pelos pressupostos de teóricos da aprendizagem.

Nesta pesquisa, buscamos em Davydov e Hedegaard a fundamentação teórica na organização de um ensino que contemple o contexto social, cultural e histórico dos estudantes, que seja constituído por atividade de aprendizagem que proporcione o seu desenvolvimento intelectual.

3.4 UMA ANÁLISE DE CONCEITOS DA FÍSICA COMO BASE PARA A PROPOSIÇÃO DO ENSINO DESENVOLVIMENTAL

A revisão da Literatura, descrita no primeiro capítulo, apresenta algumas contribuições da abordagem teórica de Davydov para o ensino de Física no Ensino Médio, publicadas no período de 2008 a 2018. Os pesquisadores abordaram os seguintes conteúdos: movimentos, Leis de Newton e a formação da imagem no olho humano. Para prosseguir com as investigações realizadas, elegeu-se o conceito “Calor” que faz parte de um sistema conceitual constituinte de uma das áreas de estudo da Termodinâmica; para desenvolver o estudo, acrescentaram-se as contribuições do ensino Radical local de Hedegaard (2002, 2005, 2007, 2008, 2011) o que confere à pesquisa o ineditismo necessário.

O primeiro passo foi a realização do estudo lógico e histórico do conceito. Davydov (1988) apresenta a tese de que o ensino desenvolvimental tem por base o seu conteúdo e a

¹⁹Disponibilizados nos sites http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v19n1_Sias_Ribeiro-Teixeira.pdf e <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/>. Acesso em 22 abr. 2020.

partir dele emergem os métodos de organização do ensino. De sua tese, derivam as bases da atividade de estudo, que tem como função, primordial, o desenvolvimento do pensamento teórico-científico nos estudantes, por meio de relações com o objeto de estudo, intencionalmente proporcionadas pelo professor.

Segundo o autor, Marx faz distinção entre o processo de investigação científica e o processo de exposição de resultados, explicitando que enquanto a investigação ocorre do concreto para o abstrato, a exposição se dá pela ascensão do abstrato ao concreto, utilizando as abstrações e generalizações substantivas e os conceitos teóricos. Nas palavras de Davydov (1988, p. 165):

A exposição dos resultados da investigação tem o mesmo conteúdo objetivo da investigação, mas desenvolve-se da base universal já encontrada, para a reprodução mental de suas manifestações particulares, conservando a unidade interna destas manifestações (sua natureza concreta).

A atividade de estudo se estrutura em correspondência com o procedimento de exposição dos conhecimentos científicos, com o procedimento de ascensão do abstrato ao concreto,

Na atividade de estudo o pensamento dos alunos se assemelha ao raciocínio dos cientistas quando expõem os resultados das investigações por meio das abstrações, generalizações, e conceitos teóricos substantivos, exercendo um papel no processo de ascensão do abstrato ao concreto (DAVYDOV, 1988, p. 165)

É por meio da atividade de estudo que os estudantes reproduzem o caminho que os cientistas percorreram na formação do conceito a ser ensinado. O autor acrescenta que essa atividade “consiste em uma das vias de realização da unidade do histórico e do lógico no desenvolvimento da cultura humana” (DAVYDOV, 1988, p.165).

Justifica-se, portanto, a investigação e a construção do movimento lógico e histórico do conceito “Calor” que, atualmente, fundamenta-se na tese de que sua existência se relaciona ao movimento das partículas (moléculas), energias e suas transformações.

3.4.1 Uma compreensão do movimento lógico e histórico de constituição do conceito Calor no campo da Física

Davydov (1988), um dos integrantes da escola científica de Vygotsky, compactuou com seu criador, colaboradores e seguidores no entendimento de que a educação e o ensino

são as formas universais de desenvolvimento da mente das pessoas. Assim, é por meio de um ensino organizado adequadamente que se alcança esse desenvolvimento mental, que seria impossível de ocorrer fora do ensino.

Esse teórico criticou o ensino tradicional, por considerar que ele não avançava para além do desenvolvimento do pensamento empírico nos estudantes. Defendeu a formação do pensamento teórico, que “tem por finalidade reproduzir a essência do objeto estudado” (DAVYDOV, 1988, p. 154), como importante e indispensável à formação integral do homem; portanto, um ensino que exigia das gerações mais novas alto grau de desenvolvimento intelectual e físico, bem como atitude crítica e criativa em relação ao trabalho.

Nesse sentido, Davydov formulou uma estrutura para o ensino-aprendizagem do conceito teórico pelos estudantes, descrito no segundo capítulo desta tese, e o primeiro passo sugerido pelo autor para a organização do ensino desenvolvimental consiste em identificar o movimento lógico e histórico do objeto de estudo, em nosso caso o conceito Calor, isto é, conhecer a origem desse objeto, sua gênese, elencando contradições e conflitos pelo qual o objeto de estudo passou até chegar a configuração atual. Segundo Martins (2006, p.10) “A construção do conhecimento demanda então, a apreensão do conteúdo do fenômeno, prenhe de mediações históricas concretas que só podem ser reconhecidas à luz das abstrações do pensamento, isto é, do pensamento teórico”. Trazemos Kopnin (1978, p.183) para aclarar a compreensão desse movimento, pois ele define histórico como “o processo de mudança do objeto, as etapas de seu surgimento e desenvolvimento” e explicita que “o histórico atua como objeto do pensamento e o reflexo do histórico como conteúdo”.

Quanto ao lógico, Kopnin (1978) o apresenta como o meio por meio do qual o pensamento realiza a tarefa de reprodução do processo histórico real na sua objetividade, complexidade e contrariedade; portanto, ele é o reflexo do histórico, é “a reprodução da essência do objeto e da história do seu desenvolvimento no sistema de abstrações”. Nesse sentido, Kopnin (1978, p. 184) assevera que:

A lógica do movimento do pensamento tem como uma de suas leis principais a ascensão do simples ao complexo, do inferior ao superior e esse movimento do pensamento expressa a lei de desenvolvimento dos fenômenos do mundo objetivo.... A lógica fornece a forma de desenvolvimento em aspecto puro, que não se realizam em nenhum processo histórico.

É a dialética que une o histórico e o lógico, que define o início do conhecimento e o caminho sucessivo do movimento histórico. Kopnin (1978, p.185) afirma que “para interpretar o movimento histórico de um objeto se faz necessário à lógica de desenvolvimento

que reflete esse histórico”. Nesse sentido, o estudo do objeto deve iniciar pelo fim, pela representação abstrata, o conceito, que contém aspectos essenciais do objeto, estendendo às definições primárias da essência, que “refletem em certa medida, o processo de afirmação e desenvolvimento do objeto estudado” (KOPNIN, 1978, p. 185).

O Calor tem sua origem nas sensações térmicas de quente e frio, associadas à descoberta do fogo pelos primatas, que o utilizavam para cozinhar a caça, se defenderem contra feras que disputavam espaços com eles, iluminar e aquecer a caverna (AMARAL; MORTIMER, 2001). Vanin (2005, p.12), por sua vez, destaca a importância dessa relação do homem com o fogo, pois “permitiu cuidar da prole e assegurar o seu crescimento”.

Schurmann (1946, p. 166) aponta que vestígios do uso do fogo remontam os anos 6000 antes da era Cristã, e que, por muitos séculos, não se fazia distinção entre o fogo e o “Calor”. O autor o considerou em seu estudo recente, destacando as primeiras alusões científicas a Platão (427-347 a. C.) que encontrou a distinção entre os fenômenos designados como causa e efeito, sendo o fogo, a causa que consiste no “elemento que penetra la matéria” e o calor efeito que promove os “movimentos de las últimas partes de la matéria” e Aristóteles (384-322 a. C.) que definiu calor como “um elemento oculto formado por partes em perpétuo movimento”.

Ainda que se considerem importantes as experiências de transformação de materiais levadas a efeitos pelos gregos, foram os alquimistas - no período de 300 a 1400 d.C.– que, de fato, deram impulso ao estudo do Calor. Esses homens dominavam as técnicas da metalurgia e almejavam, entre outras coisas, transformar metais em ouro. Embora não tenham logrado êxito nesse objetivo específico, contribuíram para a transformação de materiais em importantes ligas metálicas (VANIN, 2005).

A consolidação da teoria foi influenciada pelos problemas originados com a Revolução Industrial, tais como a intensa demanda de combustível para alimentar fábricas e impulsionar a metalurgia e a busca por combustíveis menos agressivos ao ambiente em substituição ao carvão mineral e vegetal, que exigiu a presença de filósofos que lidavam com a constituição da matéria, especialmente aqueles financiados por sociedades de posse que poderiam realizar experimentos e responder a essa necessidade. Foi nesse contexto que se discutiu intensamente a natureza do calor e, em consequência, surgiu a ideia do Flogístico e do Calórico (OLIOSI, 2004, *apud* SILVA *et al.*, 2013).

O Flogístico foi a primeira teoria a explicar a natureza do calor e contou com a contribuição de muitos cientistas, no século XVIII. Entretanto, foi o médico Georg Ernst Stahl (1660-1734), influenciado pelo pensamento alquímico, quem formulou a teoria que explicava

a natureza do calor, publicada no período compreendido entre 1703 e 1731 (WISNIAK, 2004, *apud SILVA et al.*, 2013).

Stahl atribuiu ao princípio inflamável que os corpos possuíam o nome de flogístico; seus estudos giraram em torno da combustão e da calcinação, dois processos que envolviam o calor. Para ele, o processo de combustão baseava-se na presença de substâncias combustíveis, tais como o carbono e o enxofre que, ao serem aquecidas por uma chama, produziam calor. Já na calcinação, o aquecimento promovia a transformação da substância que se tornaria cal. Ele concluiu que quanto mais combustível o material tivesse, mais flogístico ele possuía. Na calcinação, o flogístico está presente apenas no metal, não existindo no produto resultante – a cal; enquanto que na combustão, o flogístico é liberado como um elemento do produto (WISNIAK, 2004, *apud SILVA et al.*, 2013)

Vanin (2005) descreve a teoria do flogístico formulada por Stahl, como sendo o calor um elemento, presente em todos os materiais combustíveis, que necessitava do ar para transportá-lo de um corpo para o outro. Todavia, as explicações fundamentadas no flogístico, embora fossem razoáveis, eram obtidas a partir de experimentação empírica. Foi Lavoisier (1743-1794) um dos primeiros a investigar a existência do flogístico, realizando alguns experimentos, testando a hipótese de que, ao queimarem, as substâncias ficariam mais leves, uma vez que perderiam o flogístico. Seus estudos comprovaram que as quantidades de massa não se alteravam, o que possibilitou explicar o fenômeno da combustão como uma reação entre a substância combustível e o oxigênio, desfazendo, dessa forma, a teoria do flogístico (VANIN, 2005, p. 38-39).

No final do século XVIII, já era possível realizar medidas de temperatura por meio de diversos termômetros construídos por vários filósofos e esse aumento da precisão dos termômetros e a adoção de escalas padrão, agregado aos estudos de variação de temperatura de substâncias puras e de misturas, em diferentes estados de aquecimento e resfriamento, resultaram em valiosas contribuições para o estudo da natureza do calor (SILVA *et al.*, 2013). Nesse contexto, destaca-se Joseph Black (1728-1799) por ter proposto a Teoria do Calórico em 1760, com a seguinte afirmação: “[...] calor é evidentemente não passivo; ele é um fluido expansivo, que dilata em consequência da repulsão subsistente entre suas partículas” (BLACK, 1760 *apud PÁDUA et al.*, 2009, p. 40). Segundo Pádua *et al.* (2009, p. 40-41), a Teoria do Calórico firmou-se nos seguintes pressupostos:

1. O calórico é um fluido elástico que permeia as substâncias, sendo que suas partículas constituintes se repelem mutuamente e são atraídas pelos constituintes de outras substâncias.

2. O calórico é sensível às variações de temperatura, escoando de um corpo quente para um mais frio, quando colocados em contato térmico.
3. Durante um processo físico, o calórico não pode ser criado nem destruído sendo, portanto, conservado. Isto mostra que o calórico tem massa e que esta se conserva durante um processo físico.
4. Existem dois tipos de calórico: sensível e latente. O calor sensível significa que mudança no calórico está associada à variação de temperatura. O calor latente não está ligado à alteração da temperatura.

Estas descobertas lhe renderam o título de descobridor da calorimetria, estabelecendo em 1761 o conceito de Calor latente de fusão, medido pela primeira vez com muita precisão. Já em 1765, de forma experimental, Black determinou o calor latente de vaporização da água. Prosseguindo com suas descobertas, em 1770 mostrou, de forma experimental, que a temperatura é uma característica do corpo.

A negação da teoria do flogístico ocorreu com Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) aproximadamente em 1783, após ter realizado diversos experimentos e conseguir medir o aumento ou a redução das massas dos gases e das substâncias durante a combustão, no interior de um recipiente fechado, ele revelou que a massa total das substâncias era constante e que a combustão representava uma reação de uma substância combustível com o oxigênio do ar. No caso da calcinação, e seu processo inverso demonstrou que tanto a queima do metal como a redução de seu óxido novamente ao metal não consistem em processos de troca de flogístico, são reações do metal com o oxigênio do ar na queima, ou do carvão com o óxido metálico na redução ao metal. Lavoisier foi um defensor do Calórico, considerando-o como fluido elástico, indestrutível e imponderável (VANIN, 2005).

No movimento histórico, a principal dificuldade enfrentada pela Teoria do Calórico residia na violação da “Lei da conservação do Calórico”. Foi Benjamin Thomson (1753-1814) que impulsionou o avanço conceitual do Calor, pois, ao acompanhar a perfuração de cilindros de latão usados em canhões, surpreendeu-se com a quantidade ilimitada de calórico que podia ser espremida para fora de um corpo por meio do atrito, contrariando a Lei da conservação. Esse acontecimento, ao ser divulgado e questionado, ajudou a desfazer a teoria do fluido, restando em vigor a teoria do movimento (TIPLER; MOSCA, 2009).

Em 1842, Julius Robert Von Mayer (1814-1878) propôs que o calor, assim como o trabalho, era uma manifestação da energia, chegando a deduzir um equivalente mecânico para o calor, partindo da diferença entre calores específicos de um gás à pressão e ao volume constante, que eram os dados conhecidos na época.

Essa conclusão não nasceu em vão, foi durante uma viagem que Mayer fez aos trópicos, quando se alistou como médico num navio que ia para a ilha de Java, durante a

viagem, vários marinheiros precisaram ser sangrados, procedimento comum na época, que lhe possibilitou observar que o sangue venoso dos nativos da ilha era bem mais escuro que os dos marinheiros europeus. Usando o conceito de temperatura, ele explicou que por esta ser mais elevada na ilha de clima tropical, os organismos dos nativos teriam que produzir menos calor para suprir suas perdas do que era preciso nos organismos dos marinheiros europeus, isto é, o sangue arterial no clima tropical teria que se desoxidar menos do que no clima europeu.

De volta da viagem, assumindo mentalmente o calor como um motor elétrico, Mayer questionou a variação ou não da quantidade de calor liberada pelo organismo humano durante a oxidação de certa quantidade de alimento, comparada a mesma oxidação, porém, com liberação de calor e realização de trabalho ao mesmo tempo. Nesse experimento mental, se não houvesse variação, significaria que com a mesma quantidade de alimento poder-se-ia obter diferentes quantidades de calor (PÁDUA *et al.*, 2009).

Uma nova compreensão sobre o Calor foi estabelecida a partir de estudos de vários cientistas além de Mayer; no entanto, o mérito foi dado a pessoa de James Prescott Joule (1818-1889) quando conseguiu determinar o equivalente mecânico do calor, realizando um minucioso experimento para determiná-lo. Foi com a publicação dos resultados da sua análise sobre o princípio da equivalência, em agosto de 1843, e por ter realizado um meticuloso e criativo trabalho experimental, que a comunidade científica o imortalizou, associando o seu nome à unidade de energia, no sistema internacional de unidades (PASSOS, 2009).

O experimento realizado por Joule consistiu em um conjunto de pás adaptadas a um eixo dentro de um recipiente contendo água. Junto a esse eixo, ele associou um sistema de pesos que, ao caírem, possibilitavam o giro das pás, movimentando, assim, a água. Com o auxílio de um termômetro, pôde verificar que a temperatura aumentava à medida que ocorria esse movimento na água. Relacionando a variação de temperatura com o movimento proporcionado pelo giro das pás, Joule concluiu que parte da energia se transformava em calor. Dessa forma, ele comprovou que o atrito cinético entre corpos poderia produzir uma transferência ilimitada de energia entre eles (TIPLER; MOSCA, 2009, p. 270).

Resnick *et al.* (2007) considera o calor similar ao trabalho mecânico, uma vez que ambos representam formas de transferir energia, entendendo que tanto o calor quanto o trabalho mecânico não são propriedades intrínsecas de um sistema. Assim, mostra-se incorreta a afirmação de que um sistema contém uma determinada quantidade de calor.

Tipler e Mosca (2009) afirmam que a energia, ao ser transferida de um corpo quente para um corpo frio, não pode mais ser identificada como calor, reafirmando a tese de que o calor tem sua existência restrita ao movimento de transferência de energia de um sistema para

outro, sob a condição de que estejam em diferentes temperaturas. Corrobora-se tal entendimento com a afirmação de que “a matéria não *contém* calor. [...] contém energia cinética molecular e possivelmente energia potencial” resultantes do movimento das partículas constituintes da matéria que “os cientistas preferem denominar *energia interna*” (HEWITT, 2002. p. 270, grifo do autor).

Serway (2014, p. 160) apresenta o conceito de Calor como “mecanismo pelo qual a energia é transferida entre um sistema e seu ambiente em função de uma diferença de temperatura entre eles. É também a quantidade de energia transferida por esse mecanismo”. A relevância dada ao conceito de Calor deve-se ao fato de sua existência, como ferramenta cognitiva em um sistema de conceitos, contribuir para explicitar fenômenos relacionados à Termologia e à Termodinâmica, tais como: variações climáticas, efeito estufa, máquinas térmicas, aparatos tecnológicos, entre outros. Além de que o conceito de Calor, na comunicação diária em diversas situações da vida cotidiana, ainda é considerado sinônimo de temperatura (SERWAY, 2014) e sinônimo de energia interna (YOUNG, 2008), fazendo-se necessário esclarecer que esses conceitos são distintos.

O estudo da Física é, reconhecidamente, um estudo construído sobre as sólidas bases da objetividade. A compreensão clara acerca de um conceito é elemento imprescindível para que seja possível transpor tal conceito, interligando-o a outros conceitos, outros saberes e outros fazeres. Tão certa como é a presença da abstração no processo de compreensão de um conceito teórico, também é a historicidade desse conceito. A formação do pensamento crítico que se busca está, em muito, vinculada à consciência social e histórica do objeto de estudo nessa historicidade.

Assim, decorrente da análise lógico-histórica do conceito Calor, chegou-se à sua explicitação da seguinte forma: o Calor é compreendido como modalidade de energia, cuja existência está condicionada à diferença de temperatura entre os corpos envolvidos no sistema considerado. Dessa forma, foi planejado o experimento didático-formativo para seu ensino, que é o objeto do próximo capítulo.

CAPÍTULO IV

A FORMAÇÃO DO CONCEITO CALOR POR ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Davydov examinou criticamente o ensino escolar vigente em seu país, identificando como sua característica a sua estrutura pautada na lógica formal, que possibilitava aos alunos desenvolver o pensamento do tipo empírico. Em contraposição, ele propôs um tipo de ensino que possibilita a formação do pensamento teórico, cuja lógica é dialética, sendo seu foco a formação de conceitos teóricos, que são os que correspondem a essa lógica (1988). Nesta pesquisa, buscando mostrar que essa perspectiva representa uma alternativa à busca de mudanças no ensino de Física no Ensino Médio, foi realizado um experimento didático-formativo em que se desenvolveu o ensino do conceito Calor, fundamentado na teoria de Davydov e acrescentando-se contribuições do pensamento de Hedegaard. Este capítulo tem o objetivo de apresentar o percurso realizado no desenvolvimento do experimento. Inicialmente, aborda-se o experimento didático-formativo como metodologia de pesquisa, detalhando-se seu planejamento e execução. Posteriormente, são apresentados os dados obtidos, simultaneamente a sua análise e interpretação. Na discussão, busca-se mostrar a aprendizagem dos estudantes a partir do ensino de Calor como conceito teórico, mediante o ensino desenvolvimental de Davydov, bem como a partir das contribuições de Hedegaard para os aspectos socioculturais da relação dos alunos com o conceito.

4.1 O MÉTODO DA PESQUISA: O EXPERIMENTO DIDÁTICO-FORMATIVO

O experimento didático-formativo, segundo interpretação de Freitas (2010), é uma das formas de pesquisa que gera conhecimento pedagógico e didático e é apropriada para a investigação com foco nas relações entre ensino e aprendizagem. A autora explica que se trata de um modo de pesquisar o ensino em relação dialética com a aprendizagem no contexto da aula. Consiste em uma intervenção pedagógica que visa promover ações mentais do aluno pela apropriação de conhecimento sobre o objeto estudado. Os alunos, ao realizarem ações e interações durante o estudo de um objeto de conhecimento, vão formando novas ações mentais. Para essa autora, o experimento didático-formativo gera elementos variados para uma análise das possibilidades e limites do ensino para o desenvolvimento dos alunos.

O experimento didático-formativo é considerado por Davydov e por Hedegaard como um método ou procedimento de investigação que consiste em estudar, em situação real, mudanças no desenvolvimento de ações mentais e práticas dos alunos, mediante a influência

de ações didáticas intencionais propostas pelo pesquisador. Vygotsky (1991) utilizou, em suas pesquisas, princípios do método genético experimental para investigação do desenvolvimento psíquico humano e, particularmente, da formação de conceitos. A partir desses princípios, Davydov (1988) constituiu o experimento didático-formativo como uma metodologia de pesquisa pedagógica, a ser utilizada quando se busca analisar as influências do ensino na aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, essa metodologia permite investigar a relação dos alunos com objetos de aprendizagem que fazem parte da realidade social e natural. Hedegaard (2002, p. 214), interpreta o experimento didático como “uma concretização da afirmação de Vygotsky de que o método genético-formativo é um método de pesquisa necessário para investigar a formulação e o desenvolvimento dos aspectos conscientes de relação dos seres humanos com o mundo”.

Davydov (1988, p. 107) refere que o experimento didático-formativo “pressupõe a projeção e modelação do conteúdo de novas formações mentais a serem constituídas, dos meios psicológicos e pedagógicos e das vias de sua formação”. Ele considera que a concepção de Vygotsky, de que o desenvolvimento de funções mentais superiores ocorre pela aprendizagem de conhecimentos durante o processo educacional, criou premissas para estudar as relações internas entre o modo de organização do ensino e o desenvolvimento mental, tendo no experimento formativo o método especial para o estudo destas relações. Assim, o experimento formativo consiste em estudar mudanças no desenvolvimento do aluno, mediante a formação de um novo nível de capacidades por meio do ensino.

Esse método se baseia na organização e reorganização de novos programas de educação e ensino e dos procedimentos para concretizá-lo. O ensino e a educação experimentais não são implementados por meio da adaptação a um nível existente, já formado de desenvolvimento mental das crianças, mas sim utilizado, por meio da comunicação com o professor com as crianças, procedimentos que formam ativamente nelas o novo nível de desenvolvimento das capacidades (DAVYDOV, 1988, p. 187).

Na concepção do autor, o pensamento a ser formado pelo aluno correlaciona-se com a matéria e seu conteúdo, sendo que as habilidades lógicas e psicológicas se formam no decorrer da aprendizagem. Por isso, o programa da matéria deve incluir não só os conhecimentos como também as habilidades lógicas e psicológicas relacionadas a eles. Cada matéria concretiza certas habilidades, conforme seu conteúdo e de acordo com as exigências do tipo de pensamento e de ações mentais para aprendê-lo. Entretanto, para isso, é fundamental o modo de organização do ensino. Tal concepção levou Davydov a compreender que o experimento didático-formativo representa a “unidade entre a investigação do

desenvolvimento mental das crianças e a educação e o ensino destas mesmas crianças” (DAVYDOV, 1988, p. 18).

Para suas pesquisas, Davydov (1988) organizou programas de educação e de ensino e os respectivos procedimentos para concretizá-los de modo a, com a ajuda do professor, formar ativamente, um novo nível de capacidades dos alunos em relação a determinado conteúdo. Entretanto, o autor alerta que:

A educação e o ensino desenvolvimentais tratam a criança como um todo, com a atividade integral que reproduz no indivíduo as necessidades, as capacidades, os conhecimentos e as formas de comportamento socialmente produzidos. Esta atividade, quando considerada um objeto especial de estudo, contém muitos aspectos (social, lógico, pedagógico, psicológico, fisiológico, etc.). Por isso, a educação e o ensino desenvolvimentais só podem ser estudados de forma conjunta por especialistas de várias disciplinas (sociólogos, lógicos, filósofos, pedagogos, psicólogos, fisiologistas etc.). Somente no trabalho de pesquisa conjunto se poderá definir o caminho para elevar a eficácia da educação e do ensino que impulsionam o desenvolvimento. Já existe certa experiência acumulada no trabalho conjunto, mas temos que reconhecer que a criação de estratégia para a ampliação deste trabalho e dos meios para organizá-lo é, ainda, uma questão para o futuro. O estudo aprofundado e orientado do problema que analisamos só pode ser realizado em instituições experimentais especialmente organizadas para este fim (jardins de infância e escolas). Somente nestas condições se pode estudar, de forma prolongada, a influência das diversas formas e métodos de educação e ensino desenvolvimentais sobre o desenvolvimento mental de um número relativamente grande de crianças, garantindo-se, além disso, o controle (monitoramento) multilateral da atividade de educadores, professores e crianças (DAVYDOV, 1988, p. 189).

Nas investigações de Davydov, o objeto do experimento formativo (ou ensino experimental) caracterizava-se por questões psicológicas gerais do ensino e da educação para promover o desenvolvimento dos alunos. Para isso, projetou uma pesquisa em que ele e sua equipe trabalharam por vinte e cinco anos (1959-1984), predominantemente da primeira a terceira séries dos primeiros anos da escolarização. A pesquisa também abrangeu da quarta a oitava séries em matérias como língua materna, literatura, matemáticas, física e biologia. Entre os objetivos desta extensa pesquisa, Davydov destacou: 1) o conteúdo e a estrutura da atividade dos alunos para estudo de um objeto (atividade de estudo); 2) os fundamentos lógicos e psicológicos da estruturação das matérias escolares em correspondência com os requisitos da atividade de estudo; 3) as peculiaridades do desenvolvimento mental das crianças no processo da atividade de estudo; 4) o desenvolvimento mental dos escolares nas diferentes séries; e 5) as peculiaridades da organização do experimento formativo (DAVYDOV, 1988).

A equipe de Davydov criou currículos experimentais e elaborou um novo método de ensino que consiste em um sistema de tarefas de estudo dentro do qual são apresentados

problemas aos alunos para que busquem resolver por um método teórico de pensamento. Eles também prepararam os manuais metodológicos (língua e literatura russa, matemática, artes plásticas e trabalho). Igualmente foi feito para alunos de outras séries mais avançadas: língua e literatura russa para estudantes da quarta até a oitava séries; matemática para a quarta e quinta séries; física para a sexta até a oitava série. Os materiais desenvolvidos nestas pesquisas incluíam planos ou resumos detalhados de aula para uma determinada matéria escolar, para servir de apoio ao professor, com sequência de tarefas de estudo, assim como os materiais didáticos correspondentes a estas tarefas (LIBÂNEO; FREITAS, 2017).

Essa longa explanação sobre o método utilizado nas pesquisas realizadas por Davydov visa deixar explícita a consideração do experimento formativo como o método investigativo adequado para estudar a relação entre a formação de conceito pelo aluno e a mudança no nível do seu desenvolvimento, dentro de um tipo de organização do ensino em determinada matéria ou disciplina. As pesquisas, realizadas por Davydov, atingiram a etapa que, atualmente, corresponde a oitava série no sistema de ensino brasileiro atual, particularmente no caso da Física. Mas ele indicou explicitamente a necessidade de ampliação para as diversas áreas de conhecimento das matérias escolares (DAVYDOV, 1988).

O experimento didático-formativo, proposto nesta tese, não tem a mesma amplitude e vastidão daqueles realizados por Davydov e suas equipes, dado que não visou estudar e definir o caminho para propor uma teoria e um sistema de ensino para elevar a eficácia do ensino como impulsionador do desenvolvimento. Esse grandioso trabalho já foi realizado por Davydov e sua equipe, assim como por pesquisadores de gerações que se seguiram a ele.

Zuckerman (2011) lembra que o tipo de pesquisa desenvolvido por Davydov esteve ligado à proposição de um sistema educacional, o Sistema Elkonin-Davydov. Assim, dentro de um sistema educacional, o desenvolvimento de um experimento didático ocorreu durante um período de três a quatro anos, uma vez que o pesquisador buscava a compreensão, revisão e correção de erros identificados, a reflexão científica focada principalmente nas discrepâncias entre o conceito inicial de ensino desenvolvimental e seu resultado real. Dizendo de outro modo, Davydov e sua equipe estavam, ao mesmo tempo, pesquisando para desenvolver a teoria do ensino desenvolvimental e o sistema de ensino em que ela seria utilizada, o Sistema Elkonin-Davydov. Assim, refazer de modo diferente, a partir dos resultados do experimento, implicava mais experimento didático durante três ou quatro anos, o que não se enquadraria no trabalho e vida de um pesquisador. Uma solução encontrada para esse problema foi, de acordo com Zuckerman, realizar microciclos de projetos de experimento formativo, focados em determinado período de desenvolvimento e idade, tendo em vista

determinada formação psicológica, caracterizando-se um microciclo de projeto de pesquisa concretizado em semanas ou dias, dentro do projeto mais amplo.

O planejamento de um experimento didático-formativo caracterizado como microciclo, de acordo com Zuckerman (2011), envolve, primeiramente, determinar a etapa, fase e nível dos alunos e projetar a qualidade de ação do aluno para o desenvolvimento e possíveis inovações ou mudanças. Nesse caso, deve-se estabelecer o que precisa acontecer a cada dia, qual deve ser a diferença entre a ação do aluno no início e sua ação ao final da aprendizagem de um conceito específico. Em segundo lugar, deve-se verificar como se encontra o conhecimento do aluno ou da turma e como serão identificadas as mudanças esperadas mediante o experimento didático. Por fim, requer determinar formas de dar apoio pedagógico ao desenvolvimento do aluno ou da turma em curto prazo, ou seja, definir como poderá ser feita a mudança que se planeja para as funções mentais ocorrerem, considerando o desenvolvimento atual e o desenvolvimento esperado.

Desse modo, o experimento didático-formativo, realizado na presente pesquisa, caracteriza-se pela perspectiva descrita por Zuckerman, ou seja, o que se buscou foi: focar no período de desenvolvimento e idade de adolescentes em período de desenvolvimento caracterizado pela atividade de comunicação íntima pessoal e também a atividade de estudo profissional ou orientada para uma carreira; focar na formação do conceito teórico Calor, caracterizando-se um microciclo de pesquisa concretizado em semanas ou dias. Essa perspectiva inscreve-se de forma ampla nas pesquisas, realizadas na Linha de Pesquisa Teoria Histórico-cultural e Práticas Pedagógicas, dentro do Grupo de Pesquisa Teorias da Educação e Processos Pedagógicos do Programa de Pós-Graduação em Educação da PUC Goiás.

Assim, partindo-se da premissa davydoviana geral de que o método de ensino decorre do conteúdo ensinado e, por sua vez, o ensino apresenta conexão com o objetivo de formação do aluno e o desenvolvimento que se busca promover, o objetivo definido, neste experimento didático-formativo, foi a formação do conceito teórico Calor. Esse objetivo direcionou a organização do ensino por meio da tarefa de estudo a partir de problemas apresentados aos alunos para que, ao analisarem e os resolverem, eles tivessem que utilizar o método teórico de pensamento, ou seja, o método de ascensão dos aspectos abstratos aos aspectos concretos do fenômeno calor. Para tanto, além de elaborar as ações que compuseram a tarefa de estudo do Calor, foi necessário selecionar e elaborar materiais didáticos que apresentassem coerência com a concepção do ensino desenvolvimental.

Chaiklin (1999) apresenta uma intervenção didática com alunos do nível superior secundário na Dinamarca, (correspondente ao Ensino Médio no Brasil) no ensino

desenvolvimental de Física Atômica e, desse modo, reforça a proposição de Davydov de que o tema essencial na tradição desenvolvimental é o conteúdo a ser ensinado, portanto, é indispensável a realização de uma análise, buscando identificar a(s) relação(ões) básica(s) que constituem uma área (um tópico) do conteúdo, de modo a criar uma estrutura de tarefas de aprendizagem que possibilitem aos alunos recriar mentalmente, de forma criativa, o percurso que os cientistas fizeram e que se encontra cristalizado na cultura. Também, refere o motivo como elemento indispensável que precisa ser considerado no planejamento de tarefas para que se manifeste nos estudantes durante toda a atividade de estudo. Portanto, tais tarefas devem considerar o conteúdo a ser ensinado de acordo com a análise realizada e considerar as práticas sociais vivenciadas pelos alunos no seu cotidiano.

Desse modo, buscou-se corresponder ao que refere Freitas (2010), de que o experimento didático-formativo, na concepção histórico-cultural e do ensino desenvolvimental, constitui-se como uma intervenção pedagógica realizada por meio de uma metodologia de ensino com finalidade de influenciar a qualidade da aprendizagem dos alunos e possibilitar mudanças no desenvolvimento de sua forma de compreensão do objeto estudado. É um experimento formativo porque se constitui de ações e interações durante a atividade de estudo que, paulatinamente, vão possibilitando ao aluno formar ações mentais conexas ao objeto de estudo dentro de uma tarefa.

A tarefa proposta e os passos da tarefa estão ancorados em um determinado conceito científico a ser aprendido. A organização desses passos está ancorada em princípios teóricos da teoria histórico-cultural e da teoria do ensino desenvolvimental. Esses passos, ao serem cumpridos pelos sujeitos participantes exigem determinado movimento do pensamento, movimento este que pode resultar em mudanças na sua qualidade em relação ao conteúdo da tarefa, ou seja, o conceito científico. Em outras palavras: no decorrer do experimento acontece aquisição de atos mentais, atos esses que contribuem para reorganizar o pensamento, as operações mentais realizadas pelo sujeito (FREITAS, 2010, p. 11).

De acordo com Libâneo e Freitas (2019), para efetivar mudanças no processo educacional, o professor deve propor tarefas que despertem os motivos do estudante para aprender o conteúdo. O engajamento do estudante na realização de tarefas, propostas para sua aprendizagem, se dá a partir do surgimento de motivos internos que emergem durante a concretização da atividade em questão (FREITAS, 2016). O desejo conduz a necessidades e motivos, chegando aos objetivos. Para Davydov (1988, p. 51), o componente essencial de toda atividade humana é “a esfera das motivações e necessidades”.

A partir das premissas teóricas apresentadas neste tópico, é que se buscou planejar e realizar o experimento didático para a formação do conceito de Calor na disciplina de Física,

no Ensino Médio. Para tanto, dentre os conteúdos sugeridos nos PCN²⁰ para esse nível de ensino, elegeu-se o conceito “Calor”. Assim, coube à pesquisadora, a partir da análise do conteúdo deste conceito (descrita no terceiro capítulo desta tese), organizar o plano de ensino com a tarefa de estudo composta de ações para os alunos realizarem, a preparação de material didático, o apoio e supervisão à condução das aulas pelo professor colaborador da pesquisa, o registro e a análise dos dados (descritos em tópicos seguintes). É importante observar que o professor colaborador havia concluído o curso de Doutorado em Educação, na PUC Goiás em 2016, quando realizou estudo aprofundado das teorias de Davydov e de Hedegaard.

4.1.1 O local da pesquisa e os procedimentos de coleta de dados

Para a realização do experimento didático-formativo, elegeu-se uma Instituição Pública Federal de Ensino (IFG), localizada em uma cidade do interior do estado de Goiás. Para a seleção desta instituição, foram definidos os seguintes critérios de inclusão: ser instituição pública; estar localizada no estado de Goiás; oferecer Ensino Médio; dispor de professor de Física com conhecimento das teorias de Davydov e de Hedegaard. Os critérios de exclusão foram: instituição em que o Ensino Médio é oferecido na modalidade Educação de Jovens e Adultos, Ensino Médio noturno.

Nesta instituição, a turma selecionada para a pesquisa foi o segundo ano de um Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio. Ela era composta de 25 alunos e, embora todos tenham assinado o Termo de Assentimento para a participação, somente 22 participaram integralmente da pesquisa, respondendo aos instrumentos de coleta de dados e participando de todas as aulas e tarefas. Os motivos para a não participação destes três alunos estão associados aos atrasos oriundos do transporte escolar e aos ajustes que foram necessários nos horários das aulas de Física, a fim de adequar a pesquisa aos períodos de disponibilidade do professor colaborador para a realização do experimento didático-formativo. Não houve questionamento de qualquer ordem para estes alunos, respeitando-se os termos definidos no TCLE.

Em face do rigor e da ética, os estudantes que participaram não são identificados por seus nomes, utilizando-se apenas a denominação P (participante), seguida de um número atribuído a cada estudante a partir do critério da ordem de entrevistas que precederam as aulas do experimento didático-formativo. Foram estabelecidos alguns critérios para a seleção do

²⁰ Embora a BNCC tenha sido publicada em dezembro de 2018, ela ainda não estava implementada no ano de realização da pesquisa, portanto, a escolha do conceito Calor levou em consideração os PCN para o Ensino Médio.

professor e da turma de alunos. O professor deveria ser efetivo na Instituição de Ensino selecionada, ser Licenciado em Física e possuir conhecimentos básicos da Teoria do Ensino Desenvolvimental nas perspectivas de Davydov e Hedegaard. O professor, para utilizar esse método, precisa dominar vários conceitos dessas teorias e da teoria histórico-cultural, formulada por Vygotsky e seus colaboradores, entre eles: atividade humana e atividade de estudo, zona de desenvolvimento proximal, internalização de funções psicológicas, formação de conceitos, pensamento e conhecimento teórico, atividade de estudo e duplo movimento no ensino.

Já em relação à turma de alunos, esta deveria ser aquela que, segundo avaliação da própria instituição, apresentasse dificuldade em aprender conteúdos da disciplina de Física.

O experimento didático-formativo foi proposto tendo como objetivo o ensino para a formação do conceito “Calor”, um dos conceitos importantes da Física no Ensino Médio, e que tem sido retratado na literatura científica como de difícil compreensão (como demonstrado no primeiro capítulo desta tese.). O conceito Calor, por se tratar de um conceito fundamental, unificador, relevante e abrangente, é aprendido na disciplina de Física, mas tem inúmeras aplicações em diversas disciplinas e conceitos.

Ao organizar o ensino do conceito Calor, buscou-se propor uma tarefa de estudo a ser apresentada aos alunos na forma de problemas que requeriam solução por meio de ações de estudo desse conceito. As ações, por sua vez, tinham objetivos e apresentavam as condições especificadas para sua realização pelos alunos. Para a elaboração da tarefa de estudo, foi realizada a análise lógico-histórica do conceito “Calor” (sua estruturação está descrita no Apêndice F). O ensino foi conduzido pelo professor colaborador com apoio e supervisão da pesquisadora.

Para a coleta de dados, foram elaborados questionários com a finalidade de caracterização sociocultural dos alunos (Apêndice A). Com o objetivo de explorar aspectos mais particulares dos participantes da pesquisa (professor e alunos), foram realizadas entrevistas semiestruturadas (Apêndice B e C), gravadas em áudio com posterior transcrição. As entrevistas foram realizadas individualmente, em data e horário previamente combinado, de acordo com a disponibilidade do participante. A observação direta das aulas de Física ocorreu antes e durante o ensino proposto com base em princípios das teorias de Davydov e de Hedegaard. O registro das observações foi efetivado por meio de gravações em áudio e em vídeo, com prévia autorização²¹. O recurso à gravação em vídeo ocorreu por permitir assistir

²¹ Foi assinada pela Direção do Campus do IFG uma autorização para gravação de áudio e vídeo (Anexo B).

várias vezes os episódios de ensino e, desse modo, ver aquilo que não foi possível observar de imediato durante a aula e fazer descobertas que só são possibilitadas “quando assistimos várias vezes” (CARVALHO, 1996, p. 7).

Dado o caráter qualitativo do experimento didático-formativo, considerou-se, como afirmam Bogdan e Biklen (1994), que entrevistas podem ser realizadas em conjunto com observação participante, análise de documentos e outras técnicas de coleta de dados. Nesta pesquisa, foram contempladas três técnicas, uma vez que se utilizou tanto a observação participante, quanto a entrevista e a análise de documentos na forma de tarefas escritas, realizadas pelos alunos. Estes instrumentos originaram dados descritivos cuja análise buscou revelar aspectos qualitativos do processo ensino-aprendizagem efetivado.

A coleta de dados iniciou-se em 16 de abril de 2019 e estendeu-se até 25 de junho do mesmo ano. A efetivação do experimento didático não transcorreu como inicialmente se propunha, pois, os horários disponíveis do professor colaborador não coincidiam com os horários da disciplina na turma de participantes da pesquisa. A partir do diálogo e do reconhecimento da relevância da pesquisa por parte da direção e dos professores da instituição, houve colaboração para adequações dos horários a fim de viabilizar a execução da pesquisa.

Os dados coletados foram organizados e registrados em arquivos, conforme o formato necessário ao tipo de registro (vídeo de aulas, textos de transcrição de entrevistas, tarefas escritas dos alunos etc.). A análise qualitativa utilizou o apoio do *software* WebQDA²² para a elaboração de categorias empíricas a partir do conteúdo das entrevistas, observações e tarefas escritas. Os dados provenientes dos questionários e entrevistas foram agrupados e apresentados na forma de quadros, buscando-se expressar quantidade e qualidade do conteúdo das respostas. A análise dos resultados buscou mostrar indícios de mudanças no método de pensar dos alunos em relação ao conceito Calor.

Inicialmente, foi realizada uma aproximação ao campo da pesquisa, aos participantes e ao contexto das aulas de Física. Houve momentos de interação com os participantes, com o objetivo de se familiarizarem com a presença da pesquisadora. Em seguida, foram realizadas observações do ambiente escolar externo à sala de aula, cuja finalidade foi a identificação de elementos importantes do contexto escolar.

²² WebQDA (*web* Qualitative Data Analysis) é um *software* que auxilia na análise qualitativa de dados não numéricos e não estruturados de caráter qualitativo, específico para a investigação qualitativa em geral, para atender os investigadores e profissionais que realizam pesquisa qualitativa. O webQDA propicia a análise de fontes de texto, imagem, vídeo, áudio, tabelas, arquivos Word ou PDF, vídeos do Youtube etc., de maneira cooperativa, colaborativa, de forma simultânea ou não. (NERI DE SOUZA; COSTA; MOREIRA, 2010).

Após essa etapa, realizou-se a observação das aulas de Física (6 aulas de 45min), com o objetivo de obter informações sobre a turma, suas interações e a situação social que se estabelecia naquele grupo de estudantes. Na sequência, duas aulas foram dedicadas à apresentação da pesquisa aos alunos e ao professor regente. Foram feitas considerações sobre a aprovação do projeto pelos Comitês de Ética da Pontifícia Universidade Católica de Goiás e do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás²³. Ressaltou-se a necessidade da assinatura dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido da Participação da Pessoa como Sujeito da pesquisa (Anexos C, D e E), solicitando-se que os documentos assinados fossem devolvidos à pesquisadora na aula posterior. De posse dos documentos assinados, procedeu-se à pesquisa de campo.

A primeira ação do professor colaborador foi a apresentação de uma tarefa diagnóstica aos alunos, com o objetivo de identificar seus conhecimentos sobre Calor. Foi proposto aos alunos que solucionassem, individualmente, três questões envolvendo o objeto de estudo. Prosseguiu-se com uma roda de conversa, com o objetivo de observar elementos que ajudassem a identificar a zona de desenvolvimento proximal dos estudantes em relação ao fenômeno Calor como objeto de conhecimento da disciplina de Física. Esta etapa também foi importante para reavaliar o plano de ensino em relação à situação real de aprendizagem dos alunos e as possibilidades de o ensino em relação à zona de desenvolvimento proximal.

Para realizar as ações didáticas, foram necessárias 12 aulas de 45 minutos. As ações, previstas no plano de ensino, foram realizadas pelos alunos sob a orientação do professor colaborador, com observação e supervisão da pesquisadora, que também se ocupou de registrar as aulas. Dessa forma, evitaram-se indivíduos estranhos ao ambiente da pesquisa (sala de aula), com o intuito de minimizar a dispersão da atenção dos estudantes ou seu constrangimento durante as aulas, já que eles estavam familiarizados com a pesquisadora e com o professor colaborador.

A finalização das ações do experimento didático ocorreu em uma aula de 45 minutos em que se procedeu à avaliação da aprendizagem dos alunos. Foi apresentada aos estudantes a mesma tarefa que inicialmente teve o objetivo de verificar seus conhecimentos sobre Calor, solicitando-se que a solucionassem individualmente. A permanência da pesquisadora em

²³ O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Goiás conforme CAAE 10715019.3.0000.0037 e Parecer 3.291.822, e Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Goiás conforme CAAE 10715019.3.3001.8082 e Parecer 3330023 (Anexo F).

campo, desde as observações iniciais até a conclusão do ensino do conceito Calor estão descritas no Apêndice J.

4.1.2 Caracterização do campo da pesquisa

O experimento didático-formativo foi realizado em uma Instituição Pública Federal, localizada em uma cidade do interior do estado de Goiás. Sua criação atendeu aos termos da Lei 11.892 de 29 de dezembro de 2008, caracterizada como Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, vinculada ao Ministério da Educação, com natureza jurídica de autarquia, sendo detentora de autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático-pedagógica e disciplinar. Foi por meio dessa Lei que 31 (trinta e um) Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefets), 75 (setenta e cinco) Unidades Descentralizadas de Ensino (Uneds), 39 (trinta e nove) Escolas Agrotécnicas, 7 (sete) Escolas Técnicas Federais e 8 (oito) Escolas vinculadas a Universidades deixaram de existir para formar os IFs. Entre 2003 e 2016, o Ministério da Educação concretizou a construção de novas unidades referentes ao plano de expansão da educação profissional, totalizando 644 campi em funcionamento em todo o território nacional (BRASIL, 2020).

A história dos Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia começou em 1909, com a criação de 19 escolas de Aprendizes e Artífices, durante o mandato de Nilo Peçanha, então, Presidente da República. Anos mais tarde, essas escolas foram transformadas em Centros Federais de Educação profissional e tecnológicas (Cefet) e novas unidades foram criadas, como instrumento de políticas públicas, visando à oferta de instrução à população menos favorecida. Corroborou para o acréscimo de escolas Técnicas e profissionalizantes o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas ao setor produtivo e à prestação de serviços intensificada na década de 1980 (BRASIL, 2020).

A partir de 2008, com a Lei 11.892, estas instituições de ensino voltadas à formação de profissionais qualificados para o trabalho foram transformadas em Institutos Federais. Um traço marcante destes Institutos consiste na verticalização do ensino, contando com cursos técnicos, superiores e de pós-graduação dentro dos mesmos eixos tecnológicos. Assim, os cursos oferecidos na Instituição pesquisada estão organizados em 05 eixos tecnológicos: Produção Industrial; Infraestrutura; Gestão e Negócios; Desenvolvimento Social e Educacional; e Tecnologia da Informação. São oferecidos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio (Comércio Exterior, Edificações e Química) cursos técnicos integrados ao Ensino Médio na modalidade EJA (Secretaria Escolar e Transporte de Cargas) e cursos

superiores (Bacharelado em Ciências da Computação e Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade, Licenciatura em Ciências Sociais e Licenciatura em Química e Tecnologia em Logística).

Equiparada a uma Universidade, o Instituto Federal é uma instituição de educação superior, básica e profissional, pluricurricular e multicampus, especializada na oferta de educação profissional, tecnológica e gratuita em diferentes modalidades de ensino. Sua finalidade é a formação de profissionais para o setor econômico, assim como desenvolvimento de pesquisas objetivando avanços tecnológicos de processos, produtos e serviços, de forma articulada com setores produtivos da sociedade, oferecendo também educação continuada. Embora, o acesso seja garantido à população menos favorecida, quando a procura por vagas excede ao número de vagas ofertadas, a matrícula está articulada à conquista de vaga por meio de seleção.

O Instituto em que se realizou esta pesquisa conta com estrutura física, constituída por salas de aula amplas e arejadas, laboratórios de Informática, de Química, de Física, espaço para esportes diversos, uma biblioteca com espaço para pesquisa coletiva ou individual e acervo de mais de 3.500 títulos de livros, além de títulos de CDs, DVDs, periódicos e jornais. Na biblioteca, há cabines com computadores, reservadas para pesquisa na Internet. O acervo é constituído por materiais impressos ou digitalizados com títulos referentes aos cursos oferecidos na Instituição. Há uma sala de Teatro e uma sala de Multimeios, utilizadas também para reuniões, eventos promovidos pela Comunidade escolar e outras atividades da comunidade externa.

Há uma cantina de propriedade particular, sem vínculo com a instituição, que comercializa lanches durante todo o período de aulas. O espaço aberto é amplo com vegetação verde, exceto na quadra de esportes e corredores de acesso aos prédios. Durante os intervalos das aulas destinados ao lanche e ao almoço, os alunos se distribuem em pequenos grupos e ocupam esses espaços.

Os professores possuem sala conjunta usada nos intervalos entre aulas e durante a alimentação. São poucos os espaços reservados à individualização ou formação de pequenos grupos para planejamento, tanto de aulas como de projetos de extensão e pesquisa.

A sala de aula da turma pesquisada era bem iluminada e arejada, pois contava com três janelas grandes no lado esquerdo dos alunos que, inicialmente sentavam em suas carteiras distribuídas em cinco fileiras dispostas de forma a deixar um espaço na frente para possibilitar o acesso pelo professor ao quadro branco e também a mesa em que depositava seus pertences. No entanto, durante a aula, os alunos movimentavam suas carteiras aleatoriamente a fim de

evitar a exposição direta ao Sol, que ocorria pela falta da cortina na janela do meio da parede que ficava no lado esquerdo dos alunos. No teto da sala, havia um retroprojetor multimídia (*Datashow*) fixo, com projeção realizada na parede da frente ao lado do quadro branco. Verificou-se que as paredes da sala de aula mantiveram-se despidas de assessórios didáticos ou não didáticos e que o ambiente permanecia sempre limpo.

4.1.3 O Professor colaborador

Um dos requisitos fundamentais para a escolha do professor colaborador, responsável por desenvolver o plano de ensino proposto no experimento didático-formativo, refere-se ao domínio de conhecimentos da Física e do aporte teórico balizador da pesquisa. Embora, *a priori*, essa busca tenha se mostrado uma tarefa difícil, a pesquisadora identificou um professor efetivo na Instituição selecionada, o que, inclusive, reforçou a seleção desta instituição. Ao fazer contato com este professor, ele prontamente acolheu a ideia de participar como colaborador da pesquisa, ainda que não estivesse, naquele momento, ministrando aulas de Física para a turma do Ensino Médio.

Por meio de entrevista semiestruturada (Apêndice B), realizada em momentos que antecederam as aulas do experimento didático-formativo, buscou-se identificar a formação deste professor e suas concepções acerca do processo educacional. O professor colaborador é graduado em Licenciatura Plena de Física, possui Bacharelado em Agronomia, Mestrado em Engenharia Agrícola e Doutorado em Educação. O conhecimento dos pressupostos teóricos do ensino desenvolvimental de Davydov foram adquiridos por ele durante o curso de Doutorado em Educação na Pontifícia Universidade Católica de Goiás. O aprofundamento no conhecimento dessa teoria deu-se durante a pesquisa que realizou com alunos de Física do primeiro ano do Ensino Médio, fundamentando-a na Teoria do ensino desenvolvimental de Davydov, que culminou na tese de doutorado defendida em 2016. Ele atua no magistério, especificamente em Física, há 11 anos. Seu vínculo com o Instituto Federal é de professor efetivo, com carga horária de 40 horas semanais e dedicação exclusiva. No momento da realização desta pesquisa, suas atividades semanais consistiam no ensino de Física, com 8 horas em sala de aula e aproximadamente 4 horas destinadas ao atendimento de alunos com dificuldades na aprendizagem de Física. Além de participar de projetos de extensão e pesquisa, ele estava atuando como coordenador de um dos cursos oferecidos na Instituição de Ensino.

Questionado em entrevista sobre a concepção pedagógica que predomina em sua formação e sua prática pedagógica, referiu que atualmente sua concepção é a histórico-cultural, porém, ele ainda não conseguiu colocar em prática na sua totalidade. Afirmou estar buscando tornar sua metodologia de ensino nas aulas de Física mais próxima ao ensino desenvolvimental, promovendo maior participação dos alunos, contextualização de conteúdos, e que, ao elaborar avaliações, evita questões de múltipla escolha, priorizando questões mais abertas em que os alunos conseguem abstrair e escrever sobre o conceito. Ele acredita ser um bom professor de Física e afirmou que tenta mostrar para os alunos a importância da Física na vida deles, para superarem a visão da Física como uma matemática aplicada, como muitos deles entendem.

Eu penso que a Física é muito mais que isso, ela tem que ser entendida como uma Ciência que procura explicar fenômenos da natureza, por isso o mais importante é entender os conceitos da Física e sua aplicação no dia-a-dia das pessoas. Quando o aluno se depara com alguma situação conflituosa em seu cotidiano e consegue resolver usando conceitos da Física, significa que ele aprendeu aquele conteúdo (Professor colaborador).

O professor colaborador entende que o aluno bem orientado consegue chegar à formação de conceitos. Considera que o método dialético de ascensão do abstrato ao concreto, proposto por Davydov, é o melhor para o ensino de Física; entretanto, afirmou que em sua prática pedagógica dificilmente o utiliza, principalmente por dois motivos: a carga horária de 2 h/aula de 45 minutos por semana, destinada à disciplina de Física, e a exigência apresentada por esse método ao professor, de dispêndio de grande tempo para planejamento.

A falta de interesse demonstrada pelos alunos e a heterogeneidade cultural são fatores que interferem dificultando a aprendizagem, referiu o professor colaborador. Ele apontou que a turma selecionada para a pesquisa apresenta alguns alunos com grande dificuldade na aprendizagem, na parte conceitual da Física e na utilização de cálculos matemáticos. Porém, considera que houve um crescimento dessa turma em relação ao ano anterior em função do aumento do interesse e da compreensão da importância de aprender esses conteúdos.

Para a ocorrência de um bom ensino, o professor colaborador destacou vários aspectos que devem ser considerados: boa formação inicial e continuada de professores; ambiente escolar que atraia o aluno; considerar o contexto sociocultural dos alunos. E, para uma escola de qualidade educacional, o que considera ser um grande desafio, é indispensável a valorização dos professores e investimentos na estrutura Física. Ele concebe o professor como sujeito fundamental no processo de aprendizagem dos alunos, acreditando que um professor motivado e bem preparado pode despertar interesse nos alunos por aprender. Relatou que

recentemente houve valorização da carreira docente da Rede Federal, o que considera relevante para a qualidade do ensino.

O professor comentou sobre as boas condições de trabalho na Instituição em que se realizou o experimento didático-formativo; porém, ao ser questionado sobre a existência de um laboratório de Física e a ausência de aulas práticas nesse ambiente, justificou que isso ocorre devido à ausência de um técnico de laboratório para auxiliar nas aulas práticas. Assim, nas aulas de Física, ele tem usado simulações que são apresentadas aos alunos com auxílio de *Datashow* e *slides* com experimentos demonstrativos projetados em telão.

Em relação às práticas institucionais, o professor colaborador referiu que elas favorecem seu trabalho, que há condições disponíveis (biblioteca, internet, livro didático) para um bom ensino, e que, com a contratação de um técnico para o laboratório, as aulas poderão ficar ainda melhores. Relatou que, ao ensinar, tem procurado considerar questões do cotidiano dos alunos para associar ao uso dos conceitos da Física. Entretanto, considera que os cálculos, por estarem presentes nas questões do Enem e do vestibular, não podem ser dispensados no ensino de Física. Referindo-se ao contexto sociocultural dos estudantes, o professor comentou que a maioria dos alunos é carente de condições materiais de vida, com vulnerabilidade social. Ele compreende que a organização do ensino conforme as orientações de Davydov é algo difícil, pois requer mudanças institucionais que envolvem a reformulação do currículo e das disciplinas, tendo em vista a seleção de conceitos nucleares.

4.1.4 Os estudantes do Ensino Médio

A turma de alunos era constituída por 16 meninas e 09 meninos, totalizando 25 alunos. Destes, 22 participaram da pesquisa (14 meninas e 8 meninos). Quanto aos três alunos que não quiseram participar, respeitou-se sua decisão e não foram questionados de nenhum modo sobre ela. Os estudantes que participaram não são identificados por seus nomes, utilizando-se apenas a denominação P (participante) seguida de um número atribuído a cada estudante a partir do critério da ordem de entrevistas que precederam as aulas do experimento didático-formativo. Assim, foram efetivamente participantes da pesquisa 23 pessoas, um docente efetivo e 22 estudantes.

Para caracterizar alguns aspectos socioculturais desses alunos, foi utilizado um questionário (Apêndice A). Os dados deste questionário mostram que este grupo se constituiu de adolescentes com idade de 15 a 18 anos, prevalecendo a idade de 16 (13 alunos: P1, P4,

P6, P8, P10, P12, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P22); havia cinco alunos com 15 anos (P2, P7, P9, P11, P14), três alunos com 17 anos (P5, P13, P21) e um aluno com 18 anos (P3).

Considerando-se a periodização do desenvolvimento descrita por Elkonin, estes estudantes já não têm como atividade principal a atividade de estudo, que é própria do período de 6 a 10 anos (ELKONIN, 2012). Assim, compreende-se que eles se encontravam em um estágio de desenvolvimento em que a atividade principal é a de estudo vocacional ou orientada para uma carreira. Nesse estágio, emerge o interesse profissional e a atividade dominante passa a ser o estudo associado ao trabalho, destacando-se a postura de seriedade em relação a si mesmo. Entretanto, verificou-se que, no caso dos 22 alunos participantes da pesquisa, a atividade de estudo ocupa, pelo menos em termos de tempo, lugar importante em suas vidas. Eles passavam, no mínimo, 8 horas do dia na escola, sendo 6 horas em sala de aula. Entretanto, como se trata de Ensino Médio integrado ao Curso Técnico profissionalizante, nota-se que há uma sobreposição dessas atividades na vida escolar dos alunos.

A reflexão desencadeada pelo fator atividade principal dos estudantes recaiu sobre o modo como o ensino de Física vem ocorrendo, com exposição de conteúdos e aulas práticas (que ocorrem esporadicamente) com a finalidade de reforçar o entendimento da teoria, conforme apontam os estudos de Bonadiman e Nonenmacher (2007); Menegotto e Rocha Filho (2008); Sena dos Anjos *et al.*; Cima *et al.* (2017), listas de problemas são sugeridas, considerando como solução apenas resultados obtidos por meio de fórmulas físicas sem que se discuta e se analise a situação propriamente dita. Davydov (1988) e Hedegaard (2002) explicitam que o problema de aprendizagem deve ser elaborado contendo desafios de forma a exigir que os alunos pensem e, dessa forma, desenvolvam motivos e o desejo para aprender aquele conteúdo.

Buscou-se conhecer quanto ao acesso dos estudantes à instituição escolar, obtendo-se que somente o aluno P1 reside nas proximidades da instituição. Enquanto que, os demais necessitam de transporte público para um percurso de mais de uma hora desde a saída de suas casas até a chegada à Instituição de Ensino. Portanto, resta-lhes pouco tempo para atividades sociais fora da escola. Ainda assim, dez alunos (P1, P2, P3, P4, P6, P8, P9, P11, P17, P22) disseram que, nos finais de semana, participam de grupos de Jovens da Igreja.

Observou-se que, na constituição familiar dos alunos, doze dos 22 são membros de uma família biparental, isto é, com pai, mãe e irmãos (P4, P6, P9, P11, P13, P14, P15, P17, P18, P20, P21, P22); oito alunos vivem com a mãe e irmãos (P2, P3, P5, P7, P8, P10, P12, P19), sendo filhos de famílias ou originariamente biparentais que, devido à separação dos

pais, tornou-se monoparental; um aluno vive com a avó (P16) e outro aluno vive com os tios (P1). Os alunos são de famílias de classe média²⁴. A renda familiar estimada em salários mínimos (R\$ 988,00, conforme valor vigente na época da coleta de dados) tinha a seguinte distribuição: doze famílias de 1 a 2 salários mínimos (P1, P3, P5, P8, P9, P10, P12, P13, P14, P15, P18, P19); nove famílias de 2 a 5 salários mínimos (P2, P4, P6, P7, P16, P17, P20, P21, P22) e uma família com mais de cinco salários mínimos (P11).

Com relação à formação escolar dos pais, sete pais (P1, P3, P4, P7, P15, P16) e quatro mães (P1, P3, P10, P20) possuem Ensino Fundamental; Cinco pais (P9, P11, P12, P13, P20) e oito mães (P2, P5, P9, P12, P13, P14, P15, P16) possuem Ensino Médio; Cinco Pais (P2, P6, P14, P17, P22) e sete mães (P4, P6, P7, P8, P11, P17, P22) possuem Ensino Superior; seis pais (P5, P8, P10, P18, P19, P21) e três mães (P18, P19, P21) não tiveram a formação informada.

A profissão do pai e da mãe dos alunos é variada: a) profissão do Pai: (P1, P16) motorista, (P3) Fabricação de camas, (P4, P13) vigilante, (P6) Professor, (P9) trabalha no almoxarifado, (P11) agricultor, (P14) segurança, (P15) auxiliar de cozinha, (P17, P22) missionário, (P20) alfaiate, (P21) vendedor e oito alunos não responderam (P2, P5, P7, P8, P10, P12, P18, P19); b) profissão da Mãe: (P2) diretora de escola, (P3) doméstica, (P4, P5) auxiliar de secretaria, (P6) auxiliar de escritório, (P7) chefe de escritório, (P8, P10) são autônomas, (P9, P15, P20) do lar, (P11) professora, (P12) cuidadora de idosos, (P13) vigilante, (P14) auxiliar administrativo, (P16) auxiliar de nutrição, (P17, P22) missionária, (P21) cabelereira e dois alunos (P18, P19) não informaram.

Três dos vinte e dois alunos participantes da pesquisa recebem o valor de R\$ 360,00 (trezentos e sessenta reais), que é referente à bolsa Monitoria, por desempenharem a atividade de reforço aos alunos que frequentam o 2º ano do Ensino Médio do IF com dificuldades nas disciplinas de Informática (P4), Matemática (P7), Português (P17).

Esse contexto familiar, em que muitos alunos convivem somente com a mãe, ou o pai, ou ainda uma tia ou avó, contribui para uma renda familiar baixa. Além disso, não favorece o diálogo entre o estudante e seu responsável, uma vez que exige que estes membros da família trabalhem durante período integral, muitas vezes que se estende até a noite, a fim de proporcionar ao estudante a dedicação de tempo integral aos estudos. Acrescente-se que a situação real das famílias não permite a disponibilidade, em seus ambientes familiares, de

²⁴ Classificação disponível em <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 07 jan. 2020.

material didático, tais como livros, computador, *tablets*, internet, jogos educativos, entre outros recursos, que favoreceriam a aprendizagem, conforme o entendimento de Ferreira e Barrera (2010). Para as autoras, os laços afetivos, formados dentro da família, podem favorecer (ou não) a aprendizagem, o que é corroborado por Pandini (2019), que identifica a adolescência como a fase caracterizada por mudanças de comportamento devido à puberdade, em que ocorrem muitas descobertas, transições, em que emergem desafios e conflitos, sendo, portanto, propícia à vulnerabilidade e à depressão. A causa desses problemas se deve ao fato de que “não encontram na família o apoio, acolhimento, respostas e disponibilidade dos pais, ou as respostas que deveriam encontrar” (PANDINI, 2019, p. 130). Davydov (1988, 1999) incluiu o desejo como elemento indispensável para o aluno entrar em atividade de estudo, porque entendeu que ele precisa estar emocionalmente envolvido com a atividade para bem realizá-la.

Nesse sentido, os alunos foram perguntados sobre disciplinas que eles têm facilidade de aprender. Oito alunos responderam História (P3, P6, P8, P10, P11, P12, P15, P20); seis apontaram Matemática (P4, P6, P7, P9, P15, P16); quatro alunos indicaram Geografia (P3, P8, P12, P20); três alunos referiram à área de Ciências Humanas (P1, P14, P21), Português (P6, P10, P11), Sociologia (P11, P12, P20); dois alunos indicaram Artes (P1, P10), um aluno indicou área das Ciências Exatas (P8), Filosofia (P16), Informática (P17), Química (P20), específicas do Curso Técnico (P7) e seis alunos (P2, P5, P13, P18, P19, P22) não responderam.

Inversamente, ao serem perguntados sobre que disciplinas consideram difícil aprender, responderam ser principalmente as disciplinas da área das Ciências Exatas, sendo que nove citaram Física (P3, P4, P6, P7, P10, P11, P12, P15, P17); seis citaram Química (P3, P4, P6, P10, P11, P15); quatro citaram Matemática (P3, P10, P12, P20); três citaram Português (P9, P16, P20); dois alunos citaram a área das Ciências Exatas (P1, P14) e a Sociologia (P2, P17); um aluno citou Biologia (P6) e um citou Geografia (P17); dois alunos disseram que não têm dificuldades em nenhuma disciplina (P8, P13) e quatro alunos não responderam (P5, P18, P19, P22). Assim, fica evidente que a maioria dos estudantes que participaram desta pesquisa considera difícil aprender Física, tal como apontado na literatura (MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008; DARROZ; TREVISAN; ROSA, 2018). Alunos que citaram a Física como uma das disciplinas difíceis de aprender, apresentaram as seguintes justificativas: três alunos (P4, P10, P14) “complexidade dos cálculos”; um aluno (P7) “tem muita interpretação e variações [nos problemas para resolver usando cálculos]”; (P11) “exige raciocínio complicado”, (P12)

“não tenho interesse em aprender”, (P15) “não entendo nada”, (P17) “tem muitos detalhes e exatas não é meu forte”.

Também foi perguntado aos alunos quantas horas por semana dedicam aos estudos, excetuando-se as horas que estão em sala de aula. Seis alunos (P1, P3, P4, P8, P14, P15) responderam de uma a duas horas; sete alunos (P2, P9, P10, P12, P16, P17, P21) de três a cinco horas, um aluno (P11) de seis a oito horas; dois alunos (P7, P13) mais do que oito horas e, seis alunos (P5, P6, P18, P19, P20, P22) não responderam. As horas dedicadas aos estudos em casa são quase que exclusivamente em situações de preparação para as provas. Uma vez que a educação escolar é pensada e organizada em uma lógica econômica e de preparação para o trabalho, o que proporciona o ocultamento tanto da cultura quanto da humanização dos indivíduos (CHARLOT, 2005), essa concepção de ensino se contrapõe a proposta de Davydov e Hedegaard.

Questionados sobre suas crenças religiosas, onze alunos (P1, P2, P4, P7, P8, P11, P16, P17, P18, P21, P22) disseram ser evangélicos; três alunos (P3, P6, P9) católicos; seis alunos (P10, P13, P14, P15, P19, P20) não têm crença religiosa e dois alunos (P5, P12) não responderam. Essas respostas mostram a diversidade de crenças religiosas com predomínio significativo da religião evangélica, seguida da católica.

Referindo-se ao lazer, quatro alunos (P2, P13, P17, P21) disseram praticar esportes, jogos ou frequentar academias; quatro alunos (P8, P11, P13, P20) fazem leitura; três alunos (P2, P9, P18) assistem séries (Netflix); três alunos (P8, P10, P20) desenham; dois alunos (P10, P19) ouvem música; um aluno (P12) assiste TV; um aluno (P12) toca violão; quatro alunos (P1, P4, P7, P14) disseram não dedicar tempo ao lazer e, cinco alunos (P3, P5, P6, P16, P22) não responderam.

Outro fator explorado, durante o questionário, refere-se ao uso do celular e suas funções na vida dos alunos. Todos possuem um aparelho com internet disponível, usado todos os dias, prioritariamente na comunicação, principalmente, por meio do aplicativo WhatsApp e das redes sociais Facebook e Instagram. Os vinte e dois alunos trocam mensagens por meio do aplicativo WhatsApp, 10 alunos (P1, P2, P3, P5, P8, P9, P10, P14, P15, P17) usam o Facebook e o Instagram; três alunos (P6, P18, P19) usam somente o Facebook e oito alunos (P4, P7, P11, P12, P16, P20, P21, P22) usam o Instagram. O aparelho celular também é usado por quinze alunos (P4, P6, P7, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21) para o estudo, principalmente para pesquisa.

Prosseguindo, nas entrevistas aos alunos foi perguntado sobre o incentivo de seus familiares para o estudo, os vinte e dois alunos responderam que seus pais ou responsáveis os

incentivam a estudar para ter uma profissão e ser alguém na vida. Pedem para que aproveitem a oportunidade de frequentar uma instituição pública e federal, onde são ensinados por professores qualificados (mestres e doutores). A aluna P4 diz: “meus pais incentivam a estudar, mas eu quero estudar para poder mudar algo na sociedade... assim... que eu possa ajudar pessoas exploradas”.

Segue-se que, perguntados sobre o que consideram importante para uma pessoa na vida em sociedade, e de onde acham que vem essa compreensão, responderam mencionando principalmente o respeito e a empatia e, disseram adquiri-los na família e/ou na escola. Onze alunos (P1, P2, P3, P4, P5, P7, P12, P15, P16, P17, P22) disseram achar importante considerar todas as pessoas iguais (seres humanos) e respeitar suas diferenças que podem ser de classe social, de idade, de gênero, de raça e de cultura; nove alunos (P1, P4, P5, P6, P8, P11, P14, P18, P20) responderam que para viver em sociedade o importante é ter empatia, isto é, procurar compreender os sentimentos das outras pessoas. Segue as palavras dos alunos P4 e P20:

P4: Ah! Eu acho que é a questão do respeito, empatia e a questão da igualdade também. Igualdade no que se refere a justiça social. Eu acho que eu aprendi isso em casa, primeiramente em casa e quando em casa você não aprende, algumas escolas conseguem reforçar isso.

P20: Empatia, paciência, consideração pelos outros, assim consideração está relacionada a empatia, se uma pessoa precisa mais do que eu, porque eu não posso ajudar ela? Se eu ajudar ela a evoluir, querendo ou não eu também estou evoluindo na sociedade.

Um dos alunos (P9) apontou a importância do conhecimento escolar para a vida em sociedade. Nesse sentido, ele afirmou: “todo conhecimento molda a mente da pessoa, então para viver em sociedade é importante aprender conhecimentos”.

Quando questionados sobre a atividade que consideram principal nessa etapa de suas vidas, os estudantes responderam que o estudo é a sua atividade principal e acrescentaram suas expectativas para o futuro, pois eles consideram este o caminho para melhorar suas condições de vida, seja conquistando um bom emprego nas empresas locais, após a conclusão do curso técnico ou um Curso Superior. As palavras dos alunos demonstram coerência com o estágio de desenvolvimento identificado por Elkonin em que a atividade principal é a atividade vocacional ou orientada para uma carreira.

P6: Eu tenho consciência da importância do estudo. É porque eu sei que hoje em dia, está difícil de conseguir um emprego se você já é estudado. Se você não é estudado as chances diminuem.

P11: Eu quero continuar estudando, fazer uma faculdade e talvez abrir uma empresa, alguma coisa relacionada com o curso que eu faço, eu gosto bastante do

que eu estudo aqui no IF. Tipo, eu não quero que seja mais um curso no meu currículo! Mas que tenha uma continuidade, que eu siga nessa linha. Tenho expectativas de crescer financeiramente.

P12: Minha atividade principal, é o estudo, quero fazer faculdade e ter uma profissão. **P15:** Eu penso que estudar é o caminho para uma vida melhor, para formar e ter uma profissão e arrumar um bom trabalho.

O curso frequentado pelos alunos é profissionalizante, sendo que o aluno pode optar por concluir o Ensino Médio em três anos ou titular-se técnico, cursando um ano a mais no curso que optou inicialmente. Dos 22 alunos entrevistados, 14 estudantes disseram frequentar o curso com o objetivo de preparação para Enem e Vestibular para ingresso em curso superior, o que indica que optaram por cursar somente o Ensino Médio.

Eles citaram cursos de nível Superior que almejam frequentar quando concluírem o Ensino Médio ou técnico: quatro alunos (P4, P5, P13, P18) Medicina, quatro alunos (P6, P7, P10, P11) Comércio Exterior e quatro alunos Relações Internacionais (P14, P16, P20, P22); dois alunos (P12, P17) Música; um aluno Arquitetura (P2), um aluno Gastronomia ou Administração (P3), um aluno Engenharia Mecânica (P8), um aluno Geologia (P19), um aluno Psicologia (P1) e três alunos (P9, P15 e P21) não responderam. Dos vinte e dois alunos, cinco deles se referiram ao curso Técnico como interessante e importante porque não só prepara para ingressar na Universidade, como também profissionaliza. Desse modo, seus interesses recaem em fazer um estágio em uma empresa local e, ao final, serem efetivados como empregados legalmente.

Com relação à escola, os alunos demonstraram estar satisfeitos com a educação e o ensino promovidos na Instituição de Ensino. Afirmaram que, diferentemente das condições que esta instituição possui, anteriormente estudaram em escolas com infraestrutura insuficiente, salas de aula com muitos alunos, falta de laboratórios para aulas práticas de Física e Química, ala de informática com poucas máquinas e sem acesso à internet.

Quanto ao relacionamento com os professores, os alunos referiram que há uma proximidade e uma preocupação com o bem-estar dos estudantes; quando algum aluno demonstra passar por problemas de ordem psicológica ou financeira, os professores mantêm o diálogo e se disponibilizam a ajudar. A reflexão, aqui realizada, nos remete à escola pública na contemporaneidade e ao encolhimento em suas atribuições, isto é, enquanto se ocupa do acolhimento social (vacinação, higiene, sexualidade) vem se limitando a suprir necessidades básicas e buscando resultados em avaliações nacionais e internacionais (LIBÂNEO, 2012).

Esse contexto pode ser verificado na concepção de aprendizagem que os alunos têm formado, pois, ao serem questionados a respeito da aprendizagem de conhecimentos da Física,

eles responderam que consideram ter aprendido o conteúdo quando fazem uma prova e conquistam boas notas. Comentaram que intensificam seus estudos nos dias que antecedem essas avaliações, buscando entendimento em videoaulas disponibilizadas no *Youtube*, com acesso sob sua responsabilidade e resolvendo alguns exercícios, tomando por modelo aqueles já resolvidos no livro didático. Os professores têm horas na semana reservadas para o atendimento aos alunos com dificuldades específicas, desde que sejam agendadas antecipadamente e os colegas com bolsa monitoria também podem auxiliar na resolução de exercícios; porém, a procura fica a cargo de quem julgar necessário.

Para os alunos, é relevante a qualificação profissional que é qualitativamente superior à dos professores das escolas em que estudaram anteriormente. Como os professores lotados na Instituição de Ensino possuem mestrado e/ou doutorado, na visão dos alunos, essa titulação confere qualidade ao ensino. Demonstram valorização do professor, motivada pela titulação que, creem os alunos, lhes confere conhecimento e conseqüentemente lhes dá segurança no tratamento dos conteúdos ensinados. Nota-se, no depoimento do aluno P11, uma visão geral positiva a respeito da instituição.

P11: Aqui a gente tem uma educação muito boa. A gente tem aula com doutores! Entendeu? É uma coisa que não é em qualquer lugar. Nem nas escolas particulares, às vezes tem doutores te ensinando, sabe. O que me motiva é que aqui tem qualidade! Os professores têm mais experiência, eu acredito que eles ficam vários anos estudando, eles têm mais conhecimentos.

Verifica-se, aqui, uma contradição, pois os alunos, ao mesmo tempo em que referenciam a qualidade de ensino com a qualificação dos docentes, têm dificuldades na aprendizagem em Física, não apresentando qualquer diferença em relação aos alunos de outras escolas públicas com professores que possuem somente a graduação e nem sempre especificamente em Física. Embora tenhamos ciência de que o domínio dos conteúdos é indispensável para um ensino que promova desenvolvimento intelectual dos estudantes, ele por si só não garante a qualidade do ensino-aprendizagem. Davydov (1988) destaca a relevância do estudo lógico e histórico do conceito para o planejamento da atividade de estudo, de modo que o ensino proporcione aos estudantes entrarem em atividade de estudo e percorrerem, de forma abreviada, os caminhos que os cientistas fizeram para chegar às múltiplas relações que identificam o objeto de estudo.

Sabendo da dificuldade que os alunos têm em Física, solicitou-se o apontamento de fatores que dificultam a aprendizagem. Dos vinte e dois alunos pesquisados, 17 (P1, P2, P3, P5, P6, P7, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P21, P22), correspondendo a 77,2%, mencionaram ter grandes dificuldades nos cálculos para resolução de problemas. Sobre o que

poderia melhorar essa dificuldade, seis alunos (P4, P5, P12, P13, P17, P22) sugeriram o uso do laboratório nas aulas de Física, afirmando que o interesse poderia ser despertado; cinco alunos (P6, P14, P17, P18, P22) mencionaram que o ensino da teoria (leis e princípios que explicam os fenômenos físicos) poderia motivar a aprendizagem, uma vez que o seu desenvolvimento poderia promover, dentre outras coisas, a compreensão dos aparelhos eletrônicos usados cotidianamente.

P6: Na minha opinião... tem os mais interessados, mas a Física é mais chatinha, assim de entender de compreender assim, como as coisas funcionam, e as fórmulas, né. Se ficasse apenas na teoria seria ótimo! Mas.... A partir do momento que tem as fórmulas, aí complica mais para o pessoal. [...]. Na verdade, eu gosto de entender as coisas, por exemplo, se tem um despertador eu tento ver como é que ele vai funcionar, o que vai se conectar para o sininho tocar.

Na fala de P6, fica evidenciada uma compreensão de que fórmulas e cálculos não são conhecimentos teóricos. Provavelmente, o ensino aligeirado, com carga horária reduzida e pautado na lógica formal, é fator determinante para a falta de compreensão de que as fórmulas expressam leis teóricas da Física como resultado de investigações e que as referidas fórmulas fazem parte de um sistema de conceitos interligados, cuja função é a de explicar a essência do fenômeno em estudo. Isso provavelmente ocorre porque aprendem fórmulas como um conhecimento do tipo empírico, ou seja, apresentado em uma lógica formal.

Por outro lado, verifica-se, também, que há interesse em aprender conteúdos relacionados a experiências vivenciadas em seus contextos familiar e social. O aluno P6 disse que gostaria de entender como funciona o relógio despertador, instrumento que, provavelmente, o alerta de que é mais um dia letivo e que está na hora de sair da cama e ir para a escola.

Ao aprofundar a entrevista sobre o ensino-aprendizagem de Física, realizou-se a pergunta: Como você considera ser a sua aprendizagem em Física? Os alunos responderam que, no primeiro ano do Ensino Médio, aprenderam pouco, achavam a Física muito difícil, com muito cálculo e fórmulas para memorizar e, para alguns deles, este foi o primeiro contato com a disciplina.

Prosseguindo, perguntou-se: que relação você identifica entre os conhecimentos da disciplina de Física e a vida das pessoas na sociedade, a sua vida, seu cotidiano? Eles disseram não existir relação relevante entre aquilo que estudam em sala de aula e aquilo que vivenciam no seu cotidiano. Ou seja, a relação com o cotidiano é entendida por eles apenas como algo que facilita compreender, mas não chegam a formar um conceito por meio do qual

podem atuar na vida cotidiana com fenômenos da Física. Eles não consideram que o conhecimento mude sua forma de agir.

P11: Eu acho que, tipo assim, tem que ter curiosidade, porque dá para você viver sem nunca ter estudado Física. Mas quando você começa a estudar você começa a entender várias coisas, tipo naturais que acontecem no nosso dia-a-dia e que tem uma explicação, sabe!

P6: As coisas que nós fazemos cotidianamente no dia a dia não vai deixar de fazer se a gente entende ou não entende por que isso ocorre. E a Física nos explica isso porque se eu bater com a mão assim numa tábua, eu vou sentir a dor, como se a tábua estivesse batendo em mim. Minha própria mão! Isso não muda muito na vida das pessoas.

P17: [importância dos conhecimentos da disciplina] ...tem, tem sim. Só que eu não consigo imaginar uma situação de aplicação do que eu estudei de benefícios da Física para a sociedade

P12: Às vezes a Física ajuda a entender melhor como as coisas funcionam, mas se alguém me explicasse de forma simples seria a mesma coisa. Eu não sei dizer o que a Física influencia em meu desenvolvimento.

Quando foram questionados se consideram que aprendem bem os conteúdos de Física explicados durante as aulas, alguns deles disseram que aprendem e que estudam muito em casa, um ou dois dias antes das provas, e que sabem se aprenderam quando suas notas são boas.

P4: Minha aprendizagem é muito lenta. Eu gosto de Física, mas até eu raciocinar o que que está acontecendo, até eu compreender o que tá pedindo eu demoro um pouco. Tem que ficar muito, muito tempo lendo e tentando entender, eu gasto muito tempo interpretando! Eu prefiro entender para depois colocar o que tem que ser colocado. Depois aplicar a matemática!

P12: Eu acho que eu aprendo bem, sim, é quando eu consigo sair bem na prova, eu acho.

P11: Eu considero que aprendi, sabe, assim quando você não precisa do livro para saber o que é aquilo. Está na sua cabeça! É assim, quando eu entendo! Quando eu leio o problema e entendo do que se trata.

P19: Eu aprendo vendo [assistindo] vídeo aulas e lendo os livros, vou na biblioteca e pego um livro. E a professora dá listas de problemas, ela adora essas listas! E, essas listas me ajudam bastante, me ajudou muito na prova passada que eu fechei [conquistou nota 10].

Perguntados sobre o método utilizado para aprender um conteúdo de Física e como desenvolveu esse modo de aprender, os alunos responderam que aprendem fazendo os exercícios do livro e assistindo videoaulas no *Youtube*, onde professores da disciplina, geralmente de cursinhos pré-vestibular, disponibilizam aulas sobre os conteúdos. Disseram que precisam estudar em casa porque os dois períodos semanais destinados a aulas de Física são suficientes somente para a professora explicar e resolver algum problema como exemplo ou algum exercício que algum aluno pede para resolver, o que poucas vezes acontece.

P12: Ah, eu costumo assistir as aulas e depois quando eu estou com dificuldades em casa eu assisto uma aula na internet, aí depois eu tenho que escrever porque eu preciso escrever pra eu aprender bastante e então eu faço os exercícios. Os exercícios para mim é a forma mais fácil de aprender alguma coisa.

Por fim, os alunos foram perguntados sobre as condições oferecidas pela escola para o ensino e aprendizagem de Física e se as condições para o estudo em casa são boas. Todos os alunos disseram que as condições da instituição são boas, tem biblioteca, laboratório de informática, internet aberta (*wifi*) e os professores explicam bem. E sobre as condições em casa, somente dois alunos (P3, P15) dos 22 pesquisados disseram que suas condições de estudo em casa não são boas.

P3: As condições em casa são ruins. Eu não tenho espaço para estudar, não tenho computador nem internet. A única coisa que eu tenho é o celular para estudar. Nem televisão eu tenho.

P15: Lá em casa é meio difícil em relação à internet, porque eu não tenho em minha casa, mas quando eu preciso eu vou na casa da minha vó.

Essa caracterização geral dos estudantes e de sua relação com a disciplina Física, o ensino e a aprendizagem nessa disciplina, permitiu compreender que recebem um ensino marcado pela lógica formal, que não lhes permite compreender fenômenos, leis, teorias, princípios da Física como conceitos a serem incorporados na vida concreta para lidar com situações concretas. Chegam a afirmar que sua vida em nada muda quando aprendem um conteúdo da Física.

No tópico seguinte, passa-se à descrição do experimento didático-formativo propriamente dito, do qual participaram esses estudantes. Nele, se buscou colocá-los em outro tipo de relação com os conteúdos da Física.

4.2 O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR POR MEIO DA ATIVIDADE DE ESTUDO

O plano de ensino desenvolvimental foi elaborado com apoio nas orientações de Davydov e Hedegaard (Apêndice F). A organização do ensino foi pensada de modo a promover a apropriação de procedimentos investigativos, utilizados na Física, para a constituição do conceito Calor. Nesse caso, o que se buscou foi que os alunos descobrissem a relação geral presente nesse conceito, por descoberta e análise de problema envolvendo Calor, de modo a proporcionar a eles a oportunidade de recriar para si o procedimento lógico de pensar esse objeto utilizado pelos físicos.

Organizou-se a atividade de estudo intencionando que o aluno internalizasse o conceito Calor de forma mais abrangente e que o aplicasse em situações particulares para análise e solução de problemas. O estudo lógico e histórico do conceito Calor permitiu considerar que a relação geral ou universal desse conceito é o mecanismo de transferência de energia interna de um objeto de maior temperatura para outro de menor temperatura. Essa relação geral foi a base para a organização de problemas e sua introdução em tarefas de cunho investigativo, que foram apresentadas aos alunos. As tarefas foram propostas para serem resolvidas coletivamente, em grupos de estudo, cujos membros deviam dialogar e interagir com seus pares e com o professor.

Os conflitos e contradições, presentes nas práticas socioculturais de que os estudantes participam, podem despertar os motivos para a aprendizagem do conteúdo da matéria a ser ensinada (HEDEGAARD; CHAIKLIN, 2005). Assim, no planejamento dos problemas e nas respectivas tarefas foram consideradas as práticas socioculturais de que os estudantes participavam, a fim de despertar motivos internos que pudessem mobilizar neles o desejo de conhecer o conceito Calor.

Dessa forma, ao considerar a relação geral do conceito Calor e os motivos dos alunos, buscou-se estabelecer o nível de conhecimento dos alunos em relação a esse conceito. Para isso, foi planejada e executada uma tarefa diagnóstica.

4.2.1 Tarefa diagnóstica para identificar o nível real de conhecimento sobre Calor

Esta tarefa foi organizada em dois momentos distintos, objetivando identificar o conhecimento (cotidiano, científico, empírico ou teórico) dos estudantes sobre o Calor. O primeiro momento consistiu na resolução de três questões relacionadas às práticas socioculturais dos estudantes. Essa relação teve o objetivo de despertar motivos para os estudantes quererem aprender o conceito Calor, pois, de acordo com Hedegaard e Chaiklin (2005), as práticas socioculturais dos estudantes articuladas às práticas educacionais permitem que as experiências adquiridas nas vivências fora da escola possam servir de base para a aprendizagem de conhecimentos na escola e que estes últimos sirvam para enriquecer os conhecimentos cotidianos, transformando-os em ferramentas mentais para agir e reagir frente a conflitos e contradições emergentes no seu contexto social.

A primeira questão faz menção a um acampamento em barracas de lona, na zona rural, em ambiente próximo à mata e um rio (uma das práticas realizadas pelos familiares dos estudantes, nos períodos de férias escolares e feriados, para amenizar a sensação térmica

devido a altas temperaturas na região). O problema a ser explorado envolvia o conceito Calor e a análise de materiais bons ou maus condutores de energia interna (isolantes e condutores térmicos). A segunda atividade foi pensada considerando práticas socioculturais dos alunos e a atividade, ainda presente neste período da adolescência, que Elkonin denominou de “atividade de comunicação íntima pessoal”, conforme descrito por Lazaretti (2017). A questão refere-se a um encontro de jovens, em uma confeitaria que costumam frequentar, para um lanche e conversar sobre assuntos de seus interesses. Um dos assuntos propostos por um dos participantes e debatido por todos, durante o encontro, foi estudado recentemente em aula de Física sobre o Calor.

A terceira questão envolveu práticas escolares com alunos de uma turma do nono ano do Ensino Fundamental, período no qual os alunos comumente têm o primeiro contato com a Física. Um aluno questiona seus colegas quanto à sensação térmica experimentada por ele ao tocar diferentes materiais, constituintes da porta da sala de aula.

No segundo momento, foi realizada uma roda de conversa em que os alunos organizariam suas carteiras umas ao lado das outras formando um semicírculo, com o professor colaborador dirigindo o diálogo e as discussões a partir de cinco questões: 1) O que vocês têm a dizer sobre a seguinte afirmação: “Hoje está fazendo muito calor, a temperatura está próxima de 40°C ”? 2) Onde está o calor? 3) Em sua casa há calor? 4) Podemos afirmar que alguém sente calor? Por quê? 5) Quem precisa de calor? Por quê?

A questão 1, letra a, referente à organização de material para acampamento que um grupo de jovens realizaria em um parque ecológico, com espaço dedicado a *Camping*, tinha o seguinte enunciado:

a) Laura deveria levar utensílios adequados ao uso. Dispunha de panelas e de talheres que variavam de acordo com o seu cabo, podendo ser de aço inox, de alumínio ou de madeira. Decidiu escolher aqueles de cabo de madeira. Você faria a mesma escolha? Por quê?

Dezesseis alunos concordaram com a escolha realizada por Laura, justificando-a por meio de uma das propriedades da madeira, qual seja: má condutora de calor; porém, complementaram sua resposta com frases que visavam promover o entendimento do calor substância, respaldado pela Teoria do Calórico: “não retém o calor por muito tempo”; “não esquenta tanto”; não absorve tanto calor; não transfere tanto calor para as mãos; não troca tanto calor com a panela e as mãos; não troca energia com a panela. Exemplificando:

P16: Sim, porque o cabo de madeira transfere menos calor para as mãos e impede que haja algum acidente com queimadura.

Três alunos (P3, P5, P8) responderam essa questão não vinculando a atitude de Laura com o conceito calor:

P3: Sim, faria a mesma coisa que a Laura, porque seria um acampamento em um parque ecológico e seria adequado utilizar o de cabo de madeira.

P5: Não, pois madeira é um material que, em sua superfície, acumula e incrusta material orgânico e inorgânico que é de difícil remoção. Levaria utensílios de aço inox, pois são mais duráveis, fáceis de lavar e não enferrujam.

P8: Não, porque há opções melhores, pois dentre esses, para um ambiente que há presença de fogueiras e outros inflamáveis [infláveis], pegar o que tem maior facilidade de pegar fogo é a pior opção.

b) Pedro armazenou as bebidas em caixa de isopor justificando que o procedimento realizado deixa as bebidas “frescas” por um tempo maior e explicou que o isopor dificulta a saída do frio, assim como a entrada do calor no interior da caixa. Você considera essa justificativa consistente com os conhecimentos escolares sobre Calor? Por quê?

Dezenove alunos responderam que a justificativa de Pedro estava correta. Afirmaram que o isopor é isolante térmico, porém, complementaram a resposta promovendo o entendimento de que o calor é substância armazenada no corpo (Teoria do Calórico): Expressões usadas: “o isopor não deixa escapar de dentro o calor para fora”; “limita ou dificulta a transferência de calor do ambiente interno para o externo ou vice-versa”; “conserva a energia termoelétrica que está dentro dela e impede que o calor externo entre”; “impede a saída do frio”; “capaz de conter o frio armazenado por mais tempo”; “as latas de refrigerante manteriam seu calor dentro da caixa”. Respostas que podem ser exemplificadas com respostas dos alunos P5 e P6:

P5: Sim, pois as latas de refrigerante manteriam seu calor dentro da caixa, não trocando energia com o meio externo, que está em uma maior temperatura.

P6: Sim, porque o isopor age como um isolante que não deixa escapar de dentro o calor para fora.

c) As bebidas foram posicionadas na caixa sob cubos de gelo, porque Pedro também observou que as pessoas agem dessa forma. No seu entendimento, Pedro está fundamentando sua atitude em conceitos da Física. Por quê?

Dezesseis alunos responderam sim e três (P5, P6, P9) responderam não, mas todos eles associaram a situação ao equilíbrio térmico (conhecimento empírico), porém complementaram as frases com expressões de conhecimento cotidiano. Um aluno respondeu que não sabia. Exemplificando as respostas, têm-se:

P4: Sim, uma vez que ao posicionar as bebidas sob os cubos de gelo, ambas entrarão em equilíbrio térmico. Logo a temperatura do gelo irá se relacionar com a temperatura das bebidas.

P8: Sim, pois tendo o isopor como isolante térmico irá haver uma troca de energia, quase que somente entre a bebida e o gelo

P9: Não, pois está repetindo ações, portanto, o gelo está sobre as bebidas pois o gelo irá entrar em equilíbrio térmico com a bebida, a bebida irá ficar gelada.

Quando utilizam o conceito equilíbrio térmico, os estudantes não explicitam as causas (Calor) e nem as consequências (temperaturas iguais); portanto, suas respostas correspondem a uma explicação simplista e insuficiente para a compreensão do leitor.

P16: Sim, porque é o gelo que proporcionará o frio para que a caixa conserve.

P18: Sim, pois o gelo iria transferir sua temperatura com as bebidas.

d) Rute providenciou cobertores para levar ao acampamento, relatando a seus companheiros que sentiu muito frio quando participou de situação semelhante em que se esqueceu de levar esse agasalho. Ao ser questionada sobre essa atitude, ela justificou que o cobertor não deixa o calor sair do seu corpo, o que lhe proporciona dormir melhor e deixar o frio do lado de fora da barraca. Comente essa explicação, justificando-a.

Cinco alunos (P5, P7, P11, P18, P21) não responderam a essa questão; os 17 alunos persistiram com a ideia de calor substância e/ou fizeram confusão entre os conceitos de Calor, Temperatura e Sensação Térmica. Exemplificando:

P1: O cobertor aquece o corpo e faz com que o calor permaneça no corpo. Então, se estiver frio o uso do cobertor faz com que aqueça e conserve o corpo quente.

P6: Calor todos nós temos em nosso corpo, e os agasalhos e cobertores se esquentam justamente pelo corpo. Nós nos sentimos mais quentes porque estamos em contato direto com o cobertor que absorve nosso calor e o que não aconteceria se estivesse em contato com o ar frio.

P7: O cobertor funciona como um isolante, o corpo solta calor e o cobertor acumula o calor entre o corpo e o mesmo fazendo ficar quente.

P16: O corpo libera calor para o ambiente, quando alguém sente frio significa que está liberando muito calor. O papel do cobertor é impedir que esse calor saia, fazendo com que a pessoa se mantenha aquecida com sua própria queima de energia que é transformada em calor.

P17: Está correta, o cobertor é um isolante térmico e não “um objeto que esquentar”, pois com o próprio calor que é exposto do corpo é retido (sic).

A questão 2 refere-se a alguns estudantes que se reuniram em uma confeitaria para lanchar e, ao mesmo tempo, conversar sobre assuntos gerais. Um deles, curioso e atento aos movimentos que ocorrem nesse ambiente, percebeu que havia sobre o balcão uma garrafa térmica contendo café quente e outra garrafa contendo leite gelado. Chamou a atenção de seus colegas, questionando-os.

Dezenove alunos responderam os (três) subitens (a, b, c) da questão dois, mostrando entendimento de que a garrafa térmica é um exemplo de isolante térmico, (conhecimento empírico), porém, ainda persistiu, em suas respostas, a ideia de calor como substância (teoria do Calórico) e/ou confusão entre os conceitos de Calor, Temperatura e Sensação Térmica, além de apresentarem erros conceituais (conhecimento cotidiano). Seguem os itens com respostas de alguns alunos para exemplificar:

a) Observem as garrafas térmicas expostas, será que elas têm a função de dificultar tanto a saída do calor como também a saída do frio do líquido armazenado?

P1: Sim, a garrafa térmica tem o objetivo de conservar o que for colocado dentro na temperatura que tá, sendo fria ou quente.

P19: A garrafa térmica dificulta a troca de calor do líquido com o ambiente, ele fica frio ou quente.

P22: Sim, a garrafa térmica conserva o líquido com temperatura quente ou fria.

b) Entre as escolhas dos estudantes, alguns preferem café com leite. Ao misturar os líquidos, há transferência de calor do café para o leite?

P1: O líquido, que estiver em maior quantidade determinará se vai ficar frio ou quente.

P4: Sim, ambos transferem calor um para o outro, ou seja, o café cede calor quente para o leite e o leite cede calor frio para o café.

c) Responda: Ao beber o café com leite um dos estudantes não observou que imediatamente antes da mistura ser efetivada os líquidos se encontravam em temperaturas diferentes. Nessas condições, é possível afirmar corretamente qual dos dois líquidos cedeu calor? Por quê?

P1: Sim, o que tiver em maior quantidade.

P14: O café, ele estava mais quente.

P22: O café cede calor para o leite que estava frio.

A questão 3 refere-se aos alunos do 9º ano de uma certa escola que aprenderam, nas aulas de Física, os conceitos de Temperatura e Calor e, durante esse período, se mostraram atentos em relação a objetos presentes na sala de aula. Certo dia, durante o intervalo entre duas aulas, enquanto os estudantes aguardavam o professor, o aluno chamado Marcos dirigiu-se até a porta e colocou uma de suas mãos na maçaneta metálica e a outra na porta de madeira, mencionando que deveria haver algum engano, pois esses dois materiais mostravam claramente que suas temperaturas diferiam, por isso sentia calor na madeira e frio no metal.

Você, assim como o Marcos, entendeu dessa maneira esse fenômeno. Justifique sua resposta e, se houver necessidade, escreva a resposta que você pensa ser a mais adequada. Dois alunos não responderam (P2, P20), dezessete alunos responderam, cometendo erros conceituais: confusão entre conceitos de Calor, Temperatura e Sensação Térmica. Exemplificando, têm-se:

P1: A madeira absorve menos temperatura sendo ela quente ou fria, permanecendo mais quente que o metal que permite a absorção de temperatura.

P7: Isso ocorre porque a madeira transfere menos calor. Já o metal absorve mais o calor da temperatura.

Verifica-se, também, que persiste a ideia de Calor como substância armazenada no corpo:

P14: São materiais diferentes, logo, absorvem ou cedem calor de maneiras diferentes.

Já no segundo momento, as respostas às questões discutidas e dialogadas foram sintetizadas no Quadro 1, apresentado a seguir.

Quadro 2 – Síntese do conhecimento expresso pelos alunos sobre Calor

Pergunta	Resposta	Tipo de conhecimento do objeto	Em que necessita de ajuda
1 O que vocês têm a dizer sobre a seguinte afirmação? “Hoje está fazendo muito calor, a temperatura está próxima de 40° C”.	<p>P5: Ah, assim como falou dizer que está fazendo muito calor eu acho que está errado né, por causa que a temperatura está alta, mas não está fazendo calor. Um exemplo ele [um corpo] tem baixa temperatura, ele tem calor, só que não está quente!</p> <p>P16: Pode falar? É porque ele tem essa sensação de maior calor porque o corpo dele está cedendo pouca energia. A temperatura está alta!</p> <p>P19: Mas também tem a troca de calor do corpo. Tipo assim, se tiver muito frio e eu estiver dentro de um lugar que é quente, eu vou estar quente e o calor está frio.</p>	Conhecimento empírico/ Conhecimento cotidiano	Conhecimento teórico do objeto de estudo, para diferenciar corretamente Calor, Temperatura e Sensação Térmica.
2 Onde está o calor?	<p>Os 22 alunos disseram: Em todo lugar. Alguns acrescentaram:</p> <p>P2: A caixa de isopor é uma forma de armazenar calor.</p> <p>P7: É porque quando está frio, o corpo sente frio, é porque o corpo vai receber calor e a blusa é uma forma de isolamento. Fecha o calor e aí fica quente!</p>	Conhecimento cotidiano	Conhecimento teórico do objeto de estudo para diferenciar corretamente Calor, Temperatura e Sensação Térmica.
3. Em sua casa há calor?	<p>P7: Sim, na geladeira</p> <p>P11: Se nosso corpo é energia, em qualquer lugar vai ter troca de calor.</p> <p>P15: Na geladeira, no piso da casa.</p> <p>P21: Como eu acho que ele está em todo lugar, na casa é em todo lugar!</p>	Conhecimento cotidiano	Conhecimento teórico do objeto de estudo para diferenciar corretamente Calor, Temperatura e Sensação Térmica.
4. Podemos afirmar que alguém sente calor? Por quê?	<p>P4: Oh! Gente quando eu pego um geladinho que está frio, quanto mais eu seguro mais frio e, então vou sentir esse calor.</p> <p>P18: Na verdade é o contrário, sua mão está cedendo calor para o geladinho!</p> <p>P2: Não! Estão os dois cedendo calor.</p> <p>P18: Não, quem está cedendo calor é a mão que está mais quente.</p> <p>P5: Sente o calor sim, se está frio ou quente. Não sente o calor como se fosse quente, sente o calor do quente ou o calor do frio.</p> <p>P7: A gente sente calor quando a gente está...</p>	Conhecimento cotidiano	Conhecimento teórico do objeto de estudo para diferenciar corretamente Calor, Temperatura e Sensação Térmica.
5. Quem precisa de calor? Por quê?	<p>P2, P5, P6, P7, P18: Todo mundo.</p> <p>P2: A gente precisa do calor por que se eu estiver com falta de energia assim, muito frio eu morro.</p> <p>P12: Porque meus órgãos necessitam dessa energia. Mais de energia do quente do que do frio.</p> <p>P18: A terra até que não, mas os seres vivos que estão nela precisam.</p>	Conhecimento cotidiano	Conhecimento teórico do objeto de estudo para diferenciar corretamente Calor, Temperatura e Sensação Térmica.

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Os alunos demonstraram já ter conhecimento sobre o conceito Calor, ao repetirem a sua definição tantas vezes quantas foram inquiridos. Entretanto, quando solicitados a usar o conceito em situações práticas, apresentaram deficiências de aprendizagem, relacionadas a teorias já obsoletas e à confusão conceitual. Com relação às teorias, explicaram fenômenos usando expressões que atribuem ao Calor a possibilidade de ser transferido de um corpo para o outro, princípio da Teoria do Calórico, substituída pela teoria da energia desde o início da década de 1840.

Os 22 alunos sabem conceituar Calor, definindo-o como energia em trânsito ou como mecanismo de transferência de energia; porém, quando confrontados com situações-problemas que exigem o uso do conceito, os alunos demonstram tê-lo memorizado e não conseguem aplicar o conceito corretamente, o que se traduz no entendimento de que o conhecimento dos estudantes sobre o conceito Calor é empírico e cotidiano, explicitado nas confusões que realizam com os conceitos de Calor, Temperatura e Sensação Térmica. Fundamentando-se em Davydov (1988), é possível definir esse conceito como empírico, pautado na lógica formal, com estrutura estática, o que não possibilita o desenvolvimento intelectual do aluno, porque não ultrapassa a exploração das características externas do objeto. Esse tipo de conhecimento é mais utilitário, portanto, limitado pela aparência externa do conceito.

Davydov (1988, 1999) não é contra a aprendizagem de conceitos empíricos, desde que estes se constituam em pilares para a aprendizagem de conceitos teóricos e, em nossa opinião, o professor pode contribuir para que a escola cumpra com sua finalidade que é a de formar cidadãos conscientes, críticos e criativos. Para tanto, é necessário organizar o processo ensino-aprendizagem tendo como foco a atividade de estudo dos alunos e como conteúdo o conhecimento teórico científico.

4.2.2 Ações da tarefa para estudo e formação do conceito teórico Calor

4.2.2.1 Investigação e descoberta da relação universal do conceito Calor

Esta primeira ação da tarefa é considerada a primordial por Davydov. Ela consiste na transformação dos dados da tarefa, objetivando descobrir a relação universal do objeto de estudo (Calor), que está refletida no seu conceito teórico. Essa transformação é orientada por uma finalidade, qual seja a de “descobrir e distinguir uma relação completamente definida de certo objeto integral” (DAVYDOV, 1988, p. 173). O autor ressalva que a relação universal

consiste no aspecto real dos dados transformados e que ela atua como base genética de todas as características e peculiaridades do objeto integral. Essa busca pela relação universal desenvolve no estudante o procedimento de análise mental, considerado o momento inicial para a formação do conceito teórico-científico. Desse modo, a primeira ação buscou posicionar os estudantes como sujeitos em investigação e descoberta de que a relação geral de Calor é: o mecanismo de transferência de energia interna de um objeto de maior temperatura para outro de menor temperatura.

Para o aluno identificar esta relação universal, formulou-se um problema de aprendizagem a partir da informação obtida em entrevista de que todos os alunos ingerem carne de frango pelo menos uma vez por semana e que preferem carne do frango caipira (criado em pequenos lotes, geralmente solto nos arredores das casas da fazenda, sítio ou chácara). Destaque-se que frango caipira com pequi é um dos pratos típicos da culinária goiana.

Hedegaard (2002) e Hedegaard e Chaiklin (2005) consideram que tradições e práticas sociais institucionalizadas, das quais os estudantes participam em seus contextos socioculturais, quando integralizadas com práticas e tradições escolares, podem proporcionar a motivação para aprender os conteúdos da matéria. Os conhecimentos cotidianos, de senso comum, adquiridos em experiências cotidianas, formam a base para a apropriação de conhecimentos científicos, e estes últimos promovem o enriquecimento dos conhecimentos cotidianos. Hedegaard e Chaiklin (2005) afirmam, também, que conhecimentos oriundos de tradições e práticas sociais da família e comunidade despertam motivos para a aprendizagem de conceitos científicos das matérias a serem ensinadas na escola, uma vez que estes últimos adquirem sentido para os estudantes.

Desse modo, o objetivo do problema, apresentado aos alunos na primeira ação, foi articular práticas vivenciadas no nível pessoal, local e social, com o conhecimento científico sobre Calor, para despertar seus motivos e desejo de aprender. Esse procedimento que dá significação e sentido aos conhecimentos escolares, a partir do contexto sociocultural dos estudantes, foi denominado por Hedegaard (2002) de ensino culturalmente sensível e que é concretizado por meio do duplo movimento no ensino.

O professor colaborador iniciou a aula solicitando aos alunos a formação de cinco grupos de estudo, constituídos por quatro ou cinco alunos, com a finalidade de solucionarem as tarefas propostas coletivamente. Os alunos assim o fizeram e o professor fez alguns ajustes nos grupos, realizando pequenas alterações a fim de organizá-los de acordo com as diferentes zonas de desenvolvimento real, constatadas na tarefa diagnóstica e na análise sociocultural,

obtida por questionário e entrevista semiestruturada. O Quadro 2, apresentado a seguir, contém os grupos de estudo e seus respectivos componentes.

Quadro 3 – Grupos de estudo da ação 1

Grupos de estudo	Componentes (*representante do grupo)
(G1) Grupo 01	P1 – P 2– P4* – P9
(G2) Grupo 02	P5 – P6*– P19 – P22
(G3) Grupo 03	P7*– P8 – P16 – P17
(G4) Grupo 04	P10 – P13 – P14 – P18 – P20*
(G5) Grupo 05	P3 – P11 – P12*– P15 – P21

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Proseguindo, o professor disponibilizou, por meio de retroprojeter multimídia (*Datashow*), o problema descrito a seguir e, passados alguns minutos, providenciou a apresentação de um vídeo²⁵ com a finalidade de fornecer mais dados aos alunos para identificação da relação universal do conceito Calor. O vídeo oportunizou aos alunos a observação de galinhas em seus respectivos ninhos em fase inicial e terminal de reprodução.

Problema: Um produtor rural do município de Anápolis/Goiás resolveu investir na criação de galinha caipira. Inicialmente, adquiriu 30 galinhas e 3 galos, deixando-as soltas no entorno de sua moradia. As galinhas já estavam botando ovos e logo algumas entraram em processo de reprodução, fazendo seus ninhos em lugares diversos espalhados pela Fazenda. O proprietário localizou os ninhos e acompanhou o processo, contando os dias para receber os pintinhos e as galinhas em espaço cercado para proteção, bem como para cuidados com a presença constante de água e alimentos para ambos. Porém, nem todos os ovos se transformaram em pintinhos. Em alguns ninhos, todos os ovos descascaram e a galinha ciscava em volta com seus filhotes. Alguns ninhos continham ovos chocados abandonados, em dois outros todos os ovos foram abandonados, inclusive, em um deles, o número de ovos havia aumentado.

Imediatamente após a leitura do problema, um aluno manifestou-se demonstrado espanto com os acontecimentos relatados pelo produtor:

P18: “Nossa! Os ovos aumentaram?! Não têm como, estou te falando, não tem como”!

²⁵ Anexos do plano de ensino (Apêndice F) 01. Vídeo *Galinhas chocando, pintinhos nascendo....* Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=298szOrsz4Q&t=13s> Acesso em 20/03/2019

Esse episódio revelou que os motivos do aluno foram estimulados, embora, ainda não tenha relacionado a situação problema ao Calor. Outro comentário interpretado como relevante, no despertar de motivos para aprender o conceito, está relacionado à aquisição de ovos para alimentação da família. O aluno P1 (Grupo 01) comentou que, em sua casa, compravam ovos no mercado e armazenavam no refrigerador, a fim de conservá-los sadios, o que suscitou discussão com os colegas do grupo quanto à fecundação dos ovos destinados à alimentação, comparando-os com ovos para reprodução. O diálogo que o grupo manteve foi:

P1: Gente, nós compramos ovos no mercado e colocamos na geladeira para não estragar. Será que estragam porque são fecundados como os das galinhas caipira?

P2: Esses ovos são de granjas e de galinhas poedeiras, elas não têm contato com galo. (risos), Os ovos não são fecundados.

P1: Então porque estragam?

P9: Por causa do calor. Os alimentos cozidos, os ovos, leite... agente põe na geladeira, lá eles ficam frios.

O professor, atento aos comentários, acrescentou:

Professor: Então, todos do grupo concordam com o que foi dito?

Alunos: sim.

Professor: Então agora, retornem a reflexão sobre a situação do produtor rural e escrevam algumas hipóteses explicando cientificamente usando o conceito calor.

Para Davydov (1988) e Hedegaard (2002, 2004), é relevante que ocorram discussões, debates e principalmente questionamentos referentes ao assunto da matéria estudada para que ocorra a aprendizagem e o desenvolvimento mental dos estudantes.

Houve um espaço de tempo disponibilizado para os alunos comentarem as hipóteses com colegas e o professor, que fomentou a discussão, atendo-se a devolver as perguntas ou fazer algum comentário, evitando emitir juízos, como preconiza o processo de investigação. A mediação entre o objeto de estudo e os sujeitos da aprendizagem, realizada pelo professor, é determinante no processo e revela o conhecimento e a compressão da teoria do ensino desenvolvimental. O diálogo, apresentado a seguir, mostra a atitude do professor de não emitir respostas, pelo contrário, ele busca instigar os alunos a questionar e a pensar.

Professor: O que vocês escreveram?

P3: Eu acho que a galinha bota um ovo por dia e esse ovo ele tá novinho, então eu pegaria todos os ovos daquele dia e colocaria pra chocar. São 30 galinhas então recolhe todos os ovos de um dia e põe a chocar.

Professor: Deixa ver se entendi: as galinhas botam os ovos e o produtor sai recolhendo e coloca uma quantidade deles na galinha que está choca.

P3: Isso! E, também não deixar que os ovos fiquem fora da galinha...[o aluno P3 quis dizer que os ovos devem ser acomodados no ninho, sob proteção da galinha, que deita sobre eles)

Findada a aula, os alunos entregaram as hipóteses, redigidas por um dos membros do grupo. Ao professor, cabe a função de incentivar as atividades realizadas coletivamente e de monitorar a participação de todos os componentes, além de orientá-los a buscar respostas para as tarefas propostas, mantendo atitude investigativa sobre o conteúdo em estudo. Davydov (1988, p. 55) esclarece que “as tarefas e ações que a criança desempenha inicialmente sob orientação e em cooperação, formam precisamente a ‘zona’ do seu desenvolvimento proximal, já que no futuro ela conseguirá desempenhá-las totalmente sozinha” e Vygotsky (1989) já professava que o ensino organizado de forma correta cria novas zonas de desenvolvimento proximal. As hipóteses formuladas encontram-se organizadas no Quadro 3.

Quadro 4 – Hipóteses referentes ao problema de aprendizagem

Teoria do Calórico (Calor substância)	<p>G1. Para o ovo se tornar pintinho, é necessário que a galinha choque, <u>transferindo calor</u> para o ovo.</p> <p>G2. Quando todos os ovos chocaram [transformaram-se em pintinhos] houve a <u>perfeita distribuição de calor entre os ovos</u>, tornando ideal o meio de reprodução; quando apenas alguns chocaram foi porque <u>o calor não se distribuiu bem</u> em todos os ovos. Provavelmente a galinha botou ovos demais e <u>não conseguiu aquecer a todos</u>.</p> <p>G3. Os ovos que chegaram à fase final do processo reprodutivo tiveram <u>calor suficiente que foi fornecido por uma galinha</u>. Já os ovos que ficaram choco, não tiveram <u>calor favorecido suficiente</u> e por isso foram perdidos. Os ninhos que tinham muitos ovos e apenas uma galinha para chocar tiveram alguns chocados e outros chocos por causa da <u>distribuição de calor que não é igual para todos os ovos</u>.</p> <p>G4. [...] ninho em local não apropriado, de cimento e <u>o calor não fica contido no cubículo</u>. Instalar luzes amarelas (devido ao calor gerado) no cubículo de madeira, (porque a <u>transferência de calor</u> da galinha para a madeira é menor do que da galinha para o cimento).</p> <p>G5. [...] no caso que nenhum dos ovos virou pintinhos pode ter sido a <u>falta de calor e devido as diferentes localizações que os ovos estavam</u>.</p>
Teoria da energia (Calor mecanismo)	Não foi contemplada nas hipóteses realizadas pelos alunos.
Erros conceituais (Confusão entre: Temperatura, Calor e Sensação Térmica)	<p>G1. O produtor poderia fazer um galinheiro para as galinhas, assim elas não abandonariam os ovos e <u>haveria maior transferência de calor porque seriam mais corpos envolvidos</u>.</p> <p>G2. Aconselhamos a construção de um galinheiro para colocar os ninhos espalhados, <u>deixando o calor acumulado lá dentro</u>.</p> <p>G4. [...] instalar luzes amarelas (<u>devido ao calor gerado</u>) no cubículo de madeira.</p> <p>G5. No ninho em que nem todos os ovos viraram pintinhos foi devido a <u>má distribuição de temperatura</u>. E também a <u>quantidade de tempo</u> em que eles <u>ficaram recebendo calor</u>;</p> <p>- O vídeo mostrou alguns pintinhos mais desenvolvidos que outros, os pintinhos maiores <u>necessitam de mais calor</u> que os outros.</p> <p>- A teoria do calórico explica o sucesso e o insucesso, sendo que <u>é necessário a transferência do calor da galinha para os ovos</u> em processo de reprodução.</p>

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

A análise das hipóteses permitiu concluir que os alunos, mesmo já tendo estudado o Calor como mecanismo de transferência de energia, formularam hipóteses para o problema do Agricultor usando a teoria do Calórico, já substituída desde 1840, o que comprova a insuficiência do ensino empírico na resolução de situações-problemas particulares que exigem o uso de conceito científico.

Constataram-se, também, erros conceituais relacionados ao Calor, Temperatura e Sensação Térmica frequentes nas citações dos estudantes. Calor foi considerado sinônimo de quente e a Temperatura substituída por Sensações Térmicas. Esclarece Scarabelot (2013) que é imprescindível a vigilância do professor em não apenas detectar falhas conceituais, mas em observar a utilização de expressões e conceitos inadequados sobre o tema.

A segunda aula, o professor iniciou devolvendo aos grupos o trabalho recolhido na aula anterior, contendo as hipóteses formuladas sobre o problema da reprodução de frangos caipiras, relacionando-as com o objeto de estudo, assim conceituado: “Calor é a designação recebida pela energia interna de um corpo enquanto ela é transferida para outro(s) corpo(s), com a condição de que estes corpos encontrem-se com diferentes medidas de Temperatura”, ou “mecanismo de transferência de energia interna de um corpo para o outro, com a condição de que estejam em diferentes Temperaturas. Naturalmente, a transferência de energia interna ocorre no sentido da maior para a menor Temperatura.”.

Um componente de cada grupo expôs suas ideias ao grande grupo. Segue a reprodução de uma delas e o diálogo que o professor manteve com os alunos visando uma melhor elaboração, sintetizando-as na identificação da relação universal do conceito Calor.

Grupo G1: “O produtor poderia fazer um galinheiro para as galinhas, assim elas não abandonariam os ovos e haveria maior transferência de calor porque seriam mais corpos envolvidos”.

Professor: Todos vocês concordam que há transferência de calor da galinha para os ovos?

Alunos do grupo G1: Sim, os ovos ficam embaixo da galinha!

Professor: E onde se localiza o calor na galinha? Calor é uma substância?

Alunos: ... risos... fica na parte do contato entre ela e os ovos.

Neste momento, o professor poderia ter dado continuidade ao diálogo, direcionando a investigação para o sistema galinha-ovos, mencionado pelos alunos. Por exemplo: Vocês estão afirmando que os ovos ficam embaixo da galinha. Eles estão encostados na sua pele? Nas suas penas? Será que a galinha fica os 21 dias, necessários à reprodução de sua espécie, na mesma posição? E quanto ao alimento e à água, são dispensados durante todo esse tempo? Se o calor se localiza entre a galinha e os ovos, isso ocorre continuamente? Essa discussão

teria sido importante para despertar nos alunos a busca pela natureza do calor. Porém, o professor, embora tenha conhecimento da teoria do ensino desenvolvimental, naquele momento, não conseguiu conduzir o processo de modo investigativo, conforme seus princípios, provavelmente devido a seu trabalho com conteúdos da disciplina de Física estar, ainda, muito assentado na lógica formal e no ensino transmissivo.

No diálogo seguinte entre o professor e os alunos, pode-se verificar que o professor, em muitos momentos do diálogo, pergunta: o que é o Calor? Por sua vez, os alunos tendiam a formular uma definição do conceito (DAVYDOV, 1988). Esse fato demonstra o quanto é difícil desvencilhar-se da metodologia de ensino orientada pela lógica formal, pois o professor, mesmo com domínio conceitual de teorias que tratam a organização do ensino na lógica dialética, ainda permanecia um tanto preso à lógica empírica.

Professor: O que é o Calor?

Alunos: Energia interna transferida de um corpo para o outro.

Professor: Essa transferência ocorre entre quaisquer corpos ou tem alguma condição?

Alunos: Qualquer corpo!

Professor repete o conceito de calor: Calor é um tipo de energia que se manifesta quando dois corpos de temperaturas diferentes são aproximados ou postos em contato.

Alunos: Então, o calor está no contato da galinha com os ovos.

Professor: Como? Qual é o outro conceito que aparece quando se fala em calor?

Alunos: É, energia.

Professor: Outro conceito...

Alunos: Temperatura.

Professor: Então calor é energia e se relaciona com a temperatura, Calor é um fenômeno que não ocorre com quaisquer corpos! Concordam? Outra coisa que quero que pensem: calor depende da temperatura dos corpos, quanto maior a diferença de temperatura maior a quantidade de energia interna transferida por calor. Pensem e respondam: Será que aumentando o número de galinhas vai aumentar a quantidade de energia que cada galinha precisa transferir para os seus ovos?

Alunos: Não sei....

Professor: Em um galinheiro, quanto mais galinhas estiverem chocando, maior é a transferência de energia delas para o meio ambiente. Enquanto a galinha tiver deitada sobre os ovos, suas temperaturas são iguais.

P4: Mas eles tão quente! Tem calor!

Prosseguindo, o professor solicitou que outro grupo realizasse a leitura de uma de suas ideias a respeito do problema em análise. Um dos componentes do Grupo G5 leu:

No ninho em que nem todos os ovos viraram pintinhos foi devido a má distribuição de temperatura. E também a quantidade de tempo em que eles ficaram recebendo calor; o vídeo mostrou alguns pintinhos mais desenvolvidos que outros, os pintinhos maiores necessitam de mais calor que os outros e, a teoria do calórico explica o sucesso e o insucesso, sendo que é necessário a transferência do calor da galinha para os ovos em processo de reprodução.

Nota-se aí uma dificuldade em abandonar a lógica formal e pôr-se no caminho da lógica dialética. Após a leitura desse grupo, o professor apresentou um exemplo muito comum nos livros didáticos, com evidente esforço para que os estudantes identificassem a relação geral do conceito Calor. Nesse caso, o exemplo contemplou os elementos energia e movimento das moléculas constituintes dos corpos envolvidos no sistema. Todavia, mais adiante, o professor solicitou a análise do movimento das moléculas do corpo, o que não foi percebido pelos estudantes, como se nota em suas respostas:

Professor: Vou formular de outro jeito: [...] A temperatura do corpo A é 40°C, as moléculas estão menos ou mais agitadas do que as moléculas do corpo B?

Alunos: As moléculas do corpo A estão mais agitadas

Professor: Vamos retomar a frase que vocês disseram: “No ninho em que nem todos os ovos viraram pintinhos foi devido à má distribuição de temperatura”. Está correto? O que pode ser mudado?

Alunos: Má distribuição de calor!

Professor: Melhor assim: má distribuição de energia no conjunto galinha e ovos. Isso pode acontecer, Galera? Quando?

Alunos: Alguns ovos podem ter ficado fora do contato com a galinha.

Ao responderem “má distribuição do Calor”, o correto teria sido responderem “má distribuição de energia interna do sistema”. E quando acrescentaram à discussão a influência do tempo de recepção de Calor no processo de reprodução das aves, o correto teria sido estabelecerem a relação com o motivo pelo qual o tempo influenciou, exaltando a diferença de energia interna entre a galinha e os ovos durante esse tempo e o fato de que, ao ser atingido o equilíbrio, cessa o processo de Calor. Isto porque se a Teoria do Calórico para explicar a transferência de Calor de um corpo para o outro era aceita há mais de um século, hodiernamente ela já está superada pela Teoria do Calor energia, tornando-se obsoleta.

Seguem-se outras afirmações que indicam que os estudantes estavam se orientando pela Teoria do Calórico: “transferindo calor”, “perfeita distribuição de calor”, “o calor não se distribuiu bem”, “calor suficiente que foi fornecido por uma galinha”, “o calor não fica contido no cubículo”, “devido ao calor gerado”, “falta de calor”. Portanto, a Teoria do Calórico estava predominando como ferramenta mental, utilizada pelos alunos para compreender e explicar o problema apresentado na primeira ação da tarefa. Uma possível explicação é o fato de essa teoria ainda estar presente na linguagem dos professores desta disciplina.

Um diálogo que ocorreu, enquanto os alunos assistiam ao vídeo das galinhas em tempos diferentes de reprodução, mostra que o conteúdo do vídeo apresentou certas contradições que os levaram a formular novas questões, tiveram dúvidas e curiosidades, ao

relacionarem o que assistiram com os dados e informações que adquiriram na tarefa anterior da primeira ação. Mesmo sem a apropriação integral da relação geral do conceito Calor, eles então começaram, espontaneamente, a entrar em busca de generalização das relações para compreender o caso de outros animais que põem ovos, como a tartaruga. Entretanto, ainda ficaram no nível de hipóteses não muito bem formuladas em relação ao Calor. A aluna P2 começou o diálogo:

P2: Tem os pinguins. Eles nem chocam os ovos deles e a tartaruga também.
(risos dos demais componentes do grupo).

P1: Ei! Estamos tratando de pintinhos e não de outros animais.

P2: Eles não são chocados, mas, então porque eles nascem? Eu acho que é porque a casca é mais grossa.

P4: Não! Para chocar precisa do calor!!!

P10: Como que eles chocam se não tem calor.

P2: Não sei e, ahh! Acho que os ovos que não viram pintinhos, eles não ficam embaixo dela.

P2: Gente agora a minha dúvida é a tartaruga!!

O professor elogiou a relação que a aluna fez da reprodução de galinhas caipiras com outros animais, se comprometendo a retomar mais adiante, uma vez que, no plano de ensino, a terceira ação contemplaria a reprodução de pinguins e de tartarugas, assunto abordado pela aluna.

Na sequência, o trabalho dos estudantes era uma representação teatral do experimento relatado pelo produtor rural. Para iniciar, um grupo de 4 a 5 alunos deveria se posicionar no centro da sala de aula, em pé e abraçados para representarem a galinha. Os demais representariam os ovos fecundados ficando de cócoras e embaixo da galinha. O chão estaria coberto com papel jornal simulando o ninho. A representação teatral contou com a participação de quase todos, apenas a aluna P12 não quis participar. Dez alunos representaram a galinha, sobrando onze alunos que, entre brincadeiras e risos, deslocaram-se para o centro do círculo agachando-se e representando os ovos fecundados.

Findada a representação teatral, o professor elogiou e agradeceu a colaboração e convidou os alunos a relatarem as sensações térmicas percebidas durante o teatro. Pediu aos alunos que analisassem a situação, relacionando-a com o problema do produtor rural, instigando o pensamento dos alunos com a seguinte questão: Se estivesse no lugar do produtor, o que você faria para que o problema não se repetisse? Por quê?

Os atores que representaram os ovos disseram ter sentido muito calor naquele ambiente e que esse seria o foco do produtor, manter o calor de todos os ovos. Nesse momento, o professor aproveitou para retomar o diálogo em torno da identificação da relação

universal do conceito Calor. Davydov (1988) enaltece a importância do professor e a sua função de favorecer a aprendizagem por meio da mediação.

Professor: Vocês disseram sentir calor? Vamos pensar juntos, o que é calor?

Alunos: Energia em trânsito.

Professor: Completam, qual a condição para existência do Calor?

Alunos: Corpos em diferentes temperaturas.

Professor: Qual a temperatura dos alunos do grupo que ficou em pé?

Alunos: Temperatura do corpo humano, que é... 36°C.

Professor: E o grupo que ficou de cócoras, qual a temperatura?

Alunos: a mesma, 36°C.

Professor: Então, vocês podem falar em calor, quando a temperatura é a mesma?

P12: ahhhh, então quando a galinha (pausa) fica em cima dos ovos para chocar, depois de um tempo, os ovos ficam na mesma temperatura dela.

Professor: Isso mesmo, quando você diz depois de um tempo. O que acontece nesse tempo?

P10: A galinha esquenta os ovos.

Professor: Galera, acompanhem comigo, a galinha tem uma temperatura autorregulável, assim como nós. A temperatura dela é de 38°C mais ou menos, os ovos ao ser colocados embaixo da galinha tinham a mesma temperatura do ambiente, uns 23°C. Concordam que o tempo expressado pela colega é o tempo para chegar ao equilíbrio térmico? O que ocorreu nesse tempo, em relação ao conteúdo que estamos estudando?

Alunos: A temperatura dos ovos aumentou.

Professor: Nesse tempo em que a temperatura dos ovos aumentou é que existiu o calor. Depois o sistema se manteve em equilíbrio térmico, extinguiu-se o calor.

Então: o calor é uma modalidade de energia que se manifesta quando? Em que condições?

Alunos: Quando as temperaturas são diferentes.

Continuando, o professor solicitou aos estudantes que utilizassem a compreensão que haviam formado, até aquele momento, para tentarem formular uma resposta explicativa do problema do produtor.

P5: Eu colocaria todas as galinhas num lugar fechado. **Professor:** lugar fechado? Que lugar seria esse?

P5: Em um galinheiro fechado para manter as galinhas perto dos ninhos. E, os ninhos poderiam ser caixas de madeira para manter Calor ali dentro.

Professor: A galinha tem Calor?

Alunos: Tem.

Professor: O que é o Calor?

Alunos: Energia em movimento devido à diferença de temperatura.

Professor: Então, a galinha pode ter calor? O Calor está dentro da galinha? Onde?

Continuando a orientar os alunos em busca da identificação da relação universal do conceito Calor, o professor entregou um texto para leitura, intitulado “Natureza do Calor” (Apêndice G). Esse texto foi elaborado pela pesquisadora a partir do estudo lógico e histórico da origem e desenvolvimento do conceito Calor, com o objetivo de servir como material didático durante a primeira ação. Os alunos, assim que receberam o texto, fizeram a leitura silenciosa.

O texto não foi comentado pelo professor, provavelmente porque a leitura foi concluída faltando dez minutos para terminar a aula. Ele optou por dedicar esse tempo ao foco central da ação dos alunos, que era identificar a relação universal de Calor. Para isso, promoveu o seguinte diálogo:

Professor: Gente, depois dessas atividades [tarefas]: problema do produtor, o vídeo que vocês assistiram da galinha com os pintinhos, a encenação do teatro, vocês identificaram a presença do calor no processo de reprodução das galinhas caipiras. Então fizeram a leitura do texto sobre o movimento histórico do conceito Calor. Então nesse momento, e em poucas palavras, como que a gente poderia conceituar o calor? O que seria Calor para vocês de posse (sic) dessas 4 atividades?

Os alunos responderam que o Calor consistia em energia transferida de um corpo para o outro, devido ao movimento das moléculas, sem explicitar a relação existente entre Calor, energia e movimento das moléculas constituintes dos corpos e respectivas temperaturas. Por isso, o professor retomou o diálogo: Esse movimento é sempre o mesmo? Ele pode ser modificado? A velocidade das moléculas pode ser aumentada ou reduzida? O que determina o aumento ou a redução no movimento das moléculas? O que acontece com o corpo quando a velocidade das moléculas aumenta?

Professor: Tem um conceito físico relacionado ao movimento das partículas do corpo? Qual?

Alunos: Temperatura.

Professor: Ótimo. Então vocês perceberam que o calor e a temperatura se relacionam.

Professor: Vamos retomar...

Alunos: Calor é transferência de energia de um corpo para o outro.

Professor: Transferência de energia, em que condições?

Pausa

Professor: Quem tem mais energia, o de maior ou menor temperatura?

Alunos: de maior.

Professor: Considerando dois corpos e suas temperaturas, em que condição ocorre a transferência?

Alunos: De qualquer corpo.

Professor: Vamos pensar, vocês dão algo a alguém quando têm de sobra ou em falta?

Alunos: Sobrando.

Professor: Então, qual corpo pode dar energia térmica?

Alunos: O que tem maior temperatura.

Professor: Então, calor é energia que tem existência somente enquanto os corpos envolvidos têm diferentes medidas de temperatura. Vamos lá. Calor se relaciona com....

Alunos: Energia.,

Professor: Condição...

Alunos: Mais do que um corpo e diferentes temperaturas.

Assim, o esforço do professor foi para que os alunos compreendessem essa relação geral: um mecanismo de transferência de energia interna de um corpo para o outro, existente

somente na condição de desequilíbrio térmico. Conforme explica Davydov (1988), o conhecimento de um objeto requer dois movimentos: 1) que o pensamento dos alunos se mova do geral para o particular, o que significa primeiro buscar o núcleo do objeto e, então, utilizá-lo como base para deduzir suas relações particulares diversas; 2) que os alunos descubram as condições de origem do conteúdo do conceito que estão aprendendo.

Nesse momento, ou seja, na primeira ação de estudo do Calor, o professor tem como finalidade dirigir a busca dos alunos para que possam distinguir a relação principal que se encontra na base do conceito Calor como objeto de estudo, o que corresponde ao primeiro movimento descrito por Davydov, que também refere que esta busca conforma o conteúdo da análise mental feita pelo aluno, “momento inicial do processo de formação do conceito teórico” (Davydov, 1988, p. 174). No entanto, para que essa ação ocorra, também é necessário que o aluno forme motivo para entrar em uma busca investigativa. De acordo com Freitas (2012):

[...] o professor providencia, necessariamente, condições de aprendizagem para que os alunos trilhem mentalmente o caminho investigativo que deu existência àquele conteúdo, ajudando-os a conhecerem o conceito em sua gênese e fatores condicionantes (FREITAS, 2012, p. 12-13).

O professor deu continuidade à atividade de estudo, passando para a segunda ação, uma vez que os alunos já haviam identificado a relação universal do conceito Calor, relatando-o como uma modalidade de energia presente em um sistema em que dois ou mais corpos estão envolvidos e que estes apresentam diferentes medidas de temperatura ou como mecanismo de transferência de energia interna de um corpo para o outro, sob a condição de diferentes temperaturas.

4.2.2.2 Construção do modelo da relação universal do conceito Calor

Davydov propõe que, tendo descoberto a relação geral do conceito, os alunos precisam formular um modelo que represente essa relação. Tal modelo pode ser “em forma objetivada, gráfica ou por meio de letras” (DAVYDOV, 1988, p. 173). Esse modelo não tem semelhança externa com o objeto original, que está sendo estudado, e não é a simples representação da sua estrutura externa. O modelo está ligado à estrutura interna do objeto, ou seja, à relação geral que está no núcleo do seu conceito. A Física é uma ciência que se ocupa em descrever ou prever o comportamento de fenômenos que ocorrem no mundo real e os cientistas o fazem por meio de modelos científicos que podem ser formados por proposições semânticas, por

equações matemáticas, que são representações externas simbólicas, gráficos e diagramas, artefatos físicos ou simulações computacionais (VEIT *et al.*, [201?]). Os autores complementam que modelos científicos em Física são:

[...] representações simplificadas e idealizadas de um sistema ou fenômeno físico; constituídos por proposições semânticas e um modelo matemático subjacente; representações externas, consensuais, aceitas pela comunidade científica. São abstrações construídas pelos cientistas. Não existem na natureza! (VEIT *et al.*, [201?])

A pesquisadora, a partir do estudo lógico e histórico do Calor, identificou a relação universal que o determina prosseguindo com a sua modelização, a fim de facilitar a orientação procedida pelo professor colaborador durante a tarefa 05 (Apêndice H), apresentada aos estudantes em atividade de estudo.

Davydov (1988, p. 173) assevera que a modelação representa o elo interno indispensável no processo de assimilação dos conhecimentos teóricos e procedimentos generalizados de ação. Na aula para construção do modelo da relação geral de Calor, o professor iniciou com alguns comentários referentes a essa relação, obtida anteriormente como primeira ação para estudo desse conceito. Em seguida, orientou como os alunos deveriam proceder para elaborar o modelo, sendo que a opção foi por representação na forma de gráfico, incluindo texto caso fosse necessário.

O professor organizou três grupos de alunos que ficaram organizados de acordo com o Quadro 4. Entretanto, esse modo de organização dos grupos dificultou o monitoramento quanto à clara visibilidade da participação de todos os alunos na tarefa.

Quadro 5 – Grupos de estudo da ação 2

Grupos de estudo	Componentes (* representante do grupo)
(G1) Grupo 01	P1 – P2 – P4 – P5 – P6* – P9 – P22
(G2) Grupo 02	P3 – P8 – P10 – P13 – P14 – P19 – P18 – P20*
(G3) Grupo 03	P7 – P11 – P12* – P15 – P16 – P17 – P21

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Durante esta tarefa, alguns alunos se mostraram relutantes e questionaram o porquê de sua realização:

P4, P5, P20: Ainda não entendemos o porquê de fazer a modelação da relação geral básica do calor.

Professor: Vamos retomar as atividades realizadas até aqui. Nas aulas das semanas anteriores, vocês fizeram algumas atividades para identificar a relação universal do conceito calor. O que é essa relação? Uma relação [generalização] que contém os elementos que devem estar presentes nas situações de uso do conceito. Entenderam?

Alunos: Sim.

Professor: Galera, então, qual é a relação universal do Calor?

P20: Calor é energia em trânsito devido a diferença de temperatura entre os corpos.

Professor: Isso, modalidade de energia que existe como meio de transferir energia interna de um corpo com maior temperatura para outro de menor temperatura.

O professor justificou a realização da tarefa a partir da metodologia proposta pelos teóricos orientadores da pesquisa. Possivelmente, a relutância dos alunos pode estar associada ao fato de não estarem habituados a realizarem um trabalho mais profundo com o objeto de estudo para formar seu conceito teórico. Como o ensino baseado na lógica formal orienta o aluno a aprender uma definição do objeto estudado, sendo isso considerado como conhecimento suficiente, foi desafiador e talvez até incômodo para eles permanecerem em uma investigação profunda do objeto.

Em nossa opinião, o professor poderia conduzir de forma a tornar os alunos conscientes do objetivo da tarefa, bem como da relação entre esse objetivo e o tipo de conhecimento que eles vão formar. Os alunos precisavam ser esclarecidos sobre para que serve construir o modelo da relação geral de Calor, isto é, que esse modelo dali para a frente seria a referência básica deles, toda vez que tivessem que analisar uma situação envolvendo o conceito Calor. Davydov (1988) refere que a consciência do aluno sobre seu próprio percurso no processo de aprendizagem é fundamental para que ele seja sujeito ativo e criativo na tarefa. É, inclusive, um requisito importante para que eles possam se avaliar em relação à tarefa proposta.

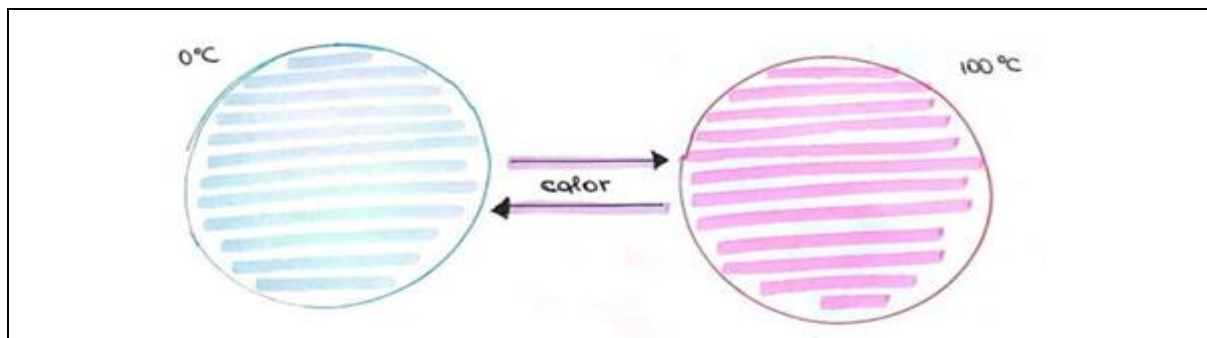
Os alunos construíram um modelo por grupo de estudo (Apêndice H), totalizando três. Durante a sua construção, eles dialogaram entre si e raras vezes chamaram o professor para mostrar o modelo e perguntar se estavam fazendo corretamente. Nessa ação, o professor mostrou-se seguro quanto ao modo de orientar os alunos de forma coerente com o que prevê Davydov. E procurou deixar que os estudantes seguissem o caminho proposto e, quando era consultado por eles, respondia suas perguntas apresentando outras: qual é a relação universal do Calor? Ela está sendo representada no seu desenho ou esquema?

Chegado o momento da apresentação do modelo pelos grupos, todos os componentes se fizeram presentes, posicionados em pé na frente dos demais e um deles era escolhido pelo grupo para iniciar a apresentação que ia sendo complementada pelos companheiros.

O primeiro grupo a apresentar foi o Grupo 1. Seu modelo, mostrado na Figura 2, consistiu em dois círculos separados por duas setas de mesma direção horizontal, porém de sentidos opostos contornando a palavra calor. O círculo da esquerda continha a designação

0°C e o círculo da direita 100°C, representando corpos em diferentes temperaturas, condição indispensável para a presença do Calor.

Figura 2 – Modelo da relação universal do calor do grupo G1



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Segue-se apresentação do modelo com os componentes dialogando com seus pares e com o professor:

P4: Vamos lá! Nós temos aqui dois corpos [aponta para dois círculos de mesmo diâmetro identificados com listras coloridas - o da esquerda azul e da direita vermelho, desenhados considerando uma distância entre eles]

P2: Os dois corpos, separados um do outro, estão em temperaturas diferentes, um está a zero graus e o outro a 100 graus Celsius.

P4: E aí, quando eles entram em contato acontece a transferência de energia. Aponta para o espaço entre os círculos e diz, então essa transferência é o calor, entendeu!

Professor: Alguém gostaria de complementar esse modelo?

- Por exemplo, se alguém passar ali fora e a gente chamar aqui e mostrar esse desenho a pessoa entenderia?

P6: Não

Professor: Por quê?

P6: Falta colorir melhor, e...

P2: A gente coloriu e colocou as duas flechas mostrando que a energia sai dos dois corpos.

Professor: Nesse caso a seta é duas mãos?

Alunos: Sim

P20 (componente do G3): não, a seta tem que sair do frio para o quente.

Professor: Vocês concordam que a seta é de sentido único? E que ela sai do corpo de menor para o de maior temperatura?

P6: Ela tem que sair desse lado aqui (aponta para o corpo de 100°C)

P4: Não sei... eu não concordo, acho que tem que sair dos dois.

Professor: Gente, qual é a relação geral básica do calor?

Alunos: Transferência de energia entre corpos com diferentes temperaturas.

P4: gente! O calor é processo.

Professor: Isso, calor é processo. Aí pelo desenho de vocês, o corpo frio está cedendo energia para o corpo quente pelo processo que a gente chama de calor. Isso acontece?

P4: Sim, o corpo frio passa calor negativo para o outro corpo.

Professor: O que é calor negativo, P20?

P20: Esse corpo tem menos calor do que o outro.

P6: Quer dizer que o frio é quente?

Professor: Bom vamos partir da relação geral básica, qual que é a relação geral básica?

Alguns alunos dizem juntos: Transferência de energia entre corpos...

Professor: Isso, só que a transferência de energia se dá a partir de qual corpo?

P2: Ah! É por isso que o nosso está errado, é do quente que sai energia, e é por isso que ele vai ficar mais frio.

P6: isso. A gente vai arrumar o desenho.

Professor: Vocês concordam gente, que a setinha não é de mão dupla?

Alunos: sim, sim.

Professor: E você põe vários modelos, vamos dizer que vocês fariam um depois outro, e como ficaria no desfecho? Sinaliza para repetir o desenho logo abaixo com o resultado do processo.

P20: Ia desenhar até sumir, o calor!

Professor: certo. E, o que que caracteriza o corpo com temperatura maior ou menor?

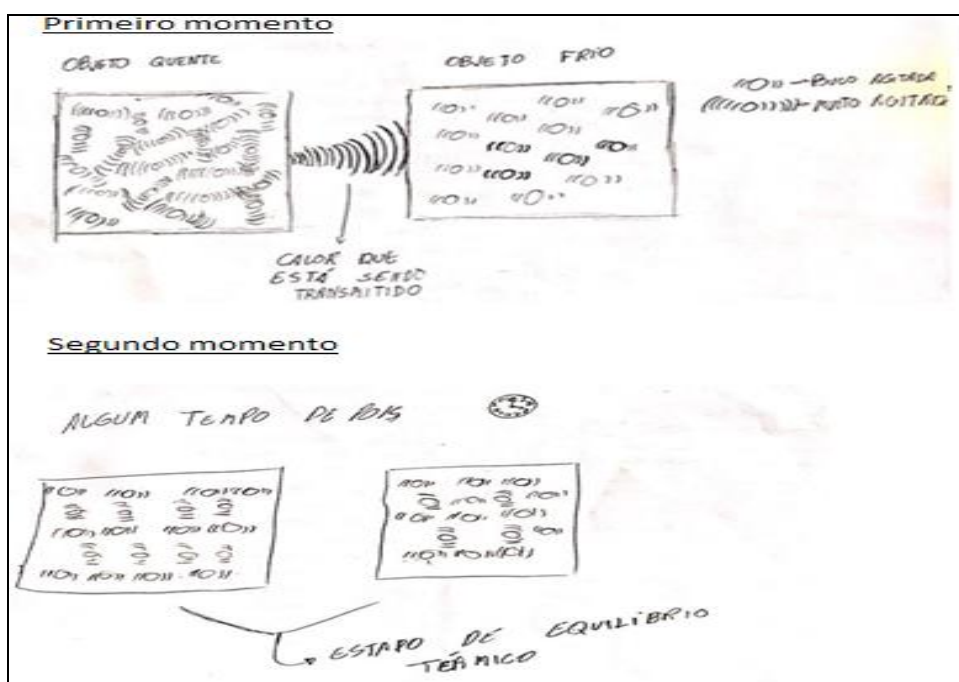
P4 e P9: As moléculas, o movimento das moléculas.

Professor: Vocês conseguiriam representar isso, no desenho?

Alunos: Sinalizaram e disseram sim, com pontinhos mais próximos e mais distantes.

O segundo grupo, G2, apresentou a relação de duas formas: a primeira com dois retângulos preenchidos com pequenos círculos, com os quais eles pretenderam representar os corpos do sistema e as respectivas moléculas. Eles utilizaram traços em forma de parênteses para mostrar que moléculas saiam do corpo quente e iam aumentando conforme aumentava a distância entre os retângulos, indicando a existência de Calor. Escreveram acima do retângulo da esquerda “quente” e acima do retângulo da direita “frio”. Disseram que o que diferenciou os corpos foi o movimento das moléculas e, por isso, acrescentaram três parênteses de cada lado em torno dos círculos internos ao corpo da esquerda e, no da direita, somente dois. No segundo momento, repetiram o desenho dos retângulos, com uma diferença: as moléculas foram representadas com círculos envoltos em igual número de parênteses e abaixo escreveram a expressão equilíbrio térmico, conforme Figura 3.

Figura 3 – Modelo da relação universal do calor do grupo G2



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

A apresentação do G2 foi realizada pelo aluno P20, apoiado por seus colegas. No segundo momento, representado o equilíbrio térmico, o aluno P20 disse:

P20: Aqui, as partículas de ambos os objetos estão na mesma temperatura, entendeu? Eu não fiz tão bem feito, mas representa o equilíbrio térmico que é quando para [cessa] a transferência de calor!

Essa forma de explicar é um indício de que P20 alcançou a compreensão da relação geral de Calor. Na sequência, o professor incentivou os alunos a participarem e a analisarem o modelo do G2:

Professor: Tudo bem pessoal? O modelo deste grupo está claro, vocês querem perguntar alguma coisa, sugerir alguma mudança, acrescentar ou tirar alguma coisa?

Alunos: Não.

Professor: Na relação universal do calor aparece o conceito de quente ou de frio?

P10, P13, P14: Não!

Professor: Tá; então não podem constar no modelo! Como vocês podem substituir essas palavras?

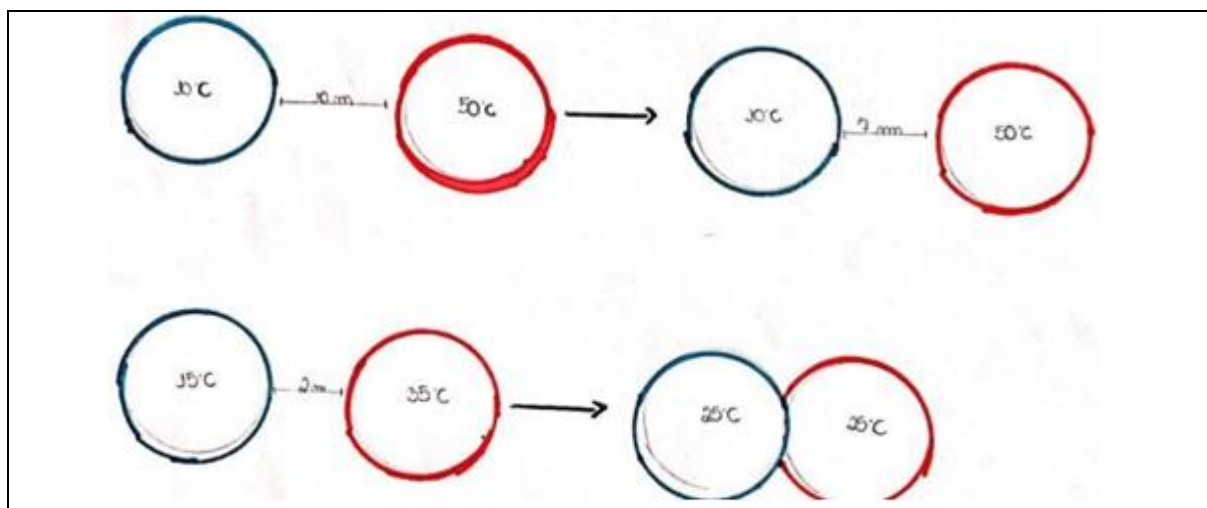
P10: Dá para colocar as temperaturas como no desenho do outro grupo.

Entretanto, como a apresentação foi muito rápida, ficou a dúvida sobre se todos os alunos do G2 conseguiram desenvolver o mesmo raciocínio de P20. Quando da criação do modelo no grupo, poucos alunos participaram, provavelmente porque não conseguiram acompanhar o raciocínio de P20. O aluno apresentava característica de líder do grupo, entretanto, agia de forma individualista na tarefa coletiva, o que pode ter sido o motivo que levou ao desinteresse dos membros do grupo. Como ele era rápido no trabalho mental e logo atingia o objetivo e, além disso, estava muito motivado a realizar as ações da tarefa, isso o levava a desconsiderar os colegas. Talvez P20 tenha essa característica também em seu contexto familiar e em outras práticas de sua vida, o que vem de encontro às premissas de Hedegaard (2004) que consideram relevante as práticas institucionais de que o indivíduo participa, influenciando na aprendizagem. Ressalte-se que este aluno, de acordo com Vygotsky (1989), apresenta um nível de desenvolvimento real avançado em relação aos seus colegas e, por isso, foi instigado a auxiliá-los nas interações intencionais, promovidas durante a realização da tarefa de estudo.

O terceiro grupo (G3) se dirigiu ao quadro para apresentação. Embora tenham permanecido em silêncio durante as primeiras apresentações, demonstraram estar desatentos, uma vez que apresentaram um modelo incompleto e com equívocos. Expressaram o modelo em quatro momentos distintos, todos contemplando dois corpos (círculos) com temperaturas diferentes. As temperaturas dos dois primeiros momentos foram (10°C e 50°C). Uma das variáveis, consideradas no modelo, foi a distância entre os corpos: 10m, 7m, 2m e nula. Nos

dois primeiros momentos, não houve mudanças no esquema que demonstrasse relação com o Calor; no terceiro momento, surgiram alterações, o corpo antes apresentado com temperatura de 10°C , no momento posterior, registrava 15°C e o corpo de 50°C registrava 35°C ; no momento final, os corpos estavam unidos e com temperaturas iguais, registrando 29°C cada um, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Modelo da relação universal do calor do grupo G3



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Notadamente, a relação não foi identificada corretamente. Coube ao professor orientar os alunos a repensar a relação geral. Nesse instante, foi possível realizar parte da ação 5, que Davydov (1988) propõe como monitoramento que o aluno realiza sobre seu próprio percurso na tarefa em relação ao objetivo proposto. Prosseguindo o professor questionou a presença da distância entre os corpos e, a aluna P11 comentou: “a galinha e os ovos estavam juntinhos durante a reprodução”. Esse comentário demonstra que a tarefa inicial continuava presente e motivando o pensamento de P11.

Davydov (1988) e Hedegaard (2002) consideram indispensável para estar em atividade de estudo o motivo e o desejo para aprender. “Não sendo inato e nem espontâneo, o desejo de aprender é um elemento psicológico, social e ao mesmo tempo individual, fazendo parte da estrutura psicológica da aprendizagem” (FREITAS; ROSA, p. 622, 2015). Entretanto, no caso de P11, embora envolvida e motivada com a tarefa, ela não formou a relação geral de Calor. Ainda que tivesse motivada a aprender, isso não foi suficiente, talvez por não ter sido estabelecida a relação entre motivo, a necessidade de aprender e a formação do conceito Calor.

O professor iniciou o diálogo após a exposição do grupo G3, buscando auxílio das colegas para que as alunas deste grupo de estudo refletissem sobre o modelo realizado e os elementos constituintes da relação universal do Calor.

Professor: Alguém quer fazer algum comentário no modelo do grupo (Pausa) Então, qual é a relação geral básica de calor?

G3: Energia em trânsito por causa de uma diferença de temperatura.

Professor: Então temperaturas diferentes está bem representado.

P20: Parece que no desenho a distância interfere mais do que o calor.

Professor: Na relação geral básica há referência à distância?

P20: Vai haver dispersão de energia sim.

Professor: Aqui, porque tem o ar. Vamos considerar um ambiente onde não houvesse ar, por exemplo, considerando só duas panelas.

P7: Você sugere tirar a união deles.

Professor: Não sei, o grupo que tem que achar.

P20: Acho que tem que fazer alguma coisa para representar o calor.

P17: Elas falam na representação da temperatura que variou...

Professor: E o calor? Tem que representar a relação geral básica do calor, aí está representada?

P11: Olha aqui a seta indicando o calor (mostra a seta no desenho)

P20: Não, essa seta não representa o calor, está errado! (a seta está representando o sistema em momentos distintos)

Professor: Como que ficaria claro para alguém que estivesse vendo esse modelo do calor?

P7: Fazendo mais grande os....

P11: Tem que pintar mais forte, o vermelho representando o quente e o azul representando o frio.

Professor: Isso está relacionado com....

P7: Temperatura!

Professor: E o calor, que que é o calor? Vamos partir da relação geral básica!

P12: Tem que melhorar aqui [entre os corpos] para representar o calor?

P20: Uma seta saindo do corpo mais quente para o mais frio (sic).

P11: Tem diferença sair do frio ou do quente?

P20: O frio não cede energia pro (sic) quente, é o contrário.

P7 e P11: Conversam e P11 diz não ter entendido.

Professor: P11 não entendeu, vamos lá. P11, qual que é a relação geral básica do conceito de calor?

P11: É a transferência de energia..., ah! Fale aí P20!

Professor: P11! Energia, transferência de energia por causa das temperaturas diferente. Calor está no corpo?

P4, P1 e P20: Não: calor é processo!

Professor: Está claro isso, gente?

P11: Por isso da seta?

Professor: Isso, a seta nesse desenho indicaria o processo.

P11: Ahhh, agora entendi. Entendi, entendi... A seta indica o processo! [a aluna se sentiu feliz por ter compreendido o modelo e em consequência a relação universal do calor]

Prosseguindo, para completar a ação, os alunos deveriam chegar a um modelo único da relação geral de Calor. Então, a aluna P7 se disponibilizou e dirigiu-se ao quadro.

P7: Eu faço! Vou fazer dois círculos e as moléculas.

Então, faz uns pontinhos no círculo da esquerda e P20 diz: molécula no outro também. [ela desenha a mesma quantidade de pontos nos dois círculos, porém no da

esquerda as moléculas estão afastadas umas das outras e no da direita estão mais próximas e centralizadas].

Professor: Todos entenderam o desenho dela?

P20: Faz essas moléculas diferentes.

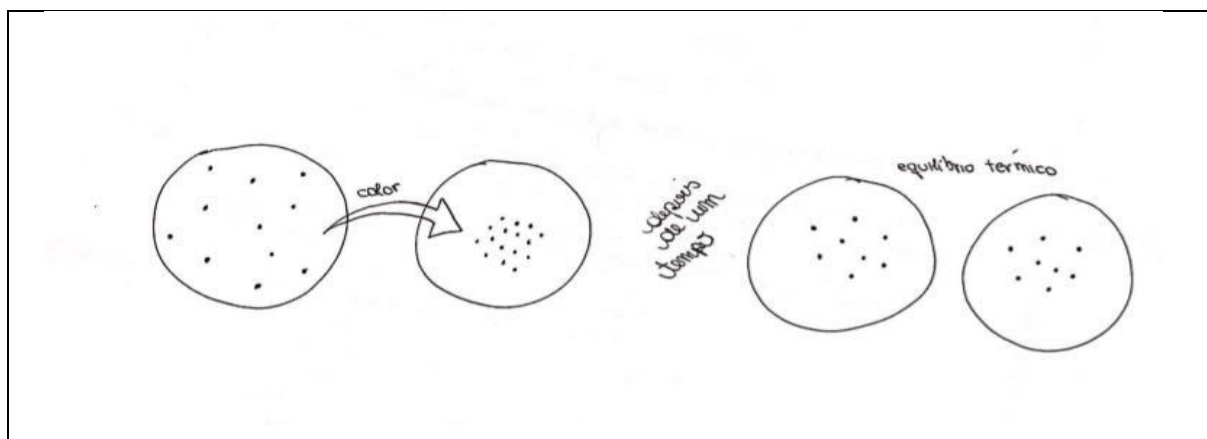
Professor: Mas você entendeu porque ela fez assim?

P7: Porque é a agitação... é diferente

P20: Sim, agora [desenhe] a seta.

A aluna P7 reproduziu o modelo final, conforme a Figura 5, com a seta saindo do primeiro círculo e entrando no segundo e escreve calor acima da seta, acrescentando: “depois de certo tempo”. Nesse momento, notou-se, mais uma vez, a dificuldade que o professor apresenta na reconstrução do conhecimento em uma lógica dialética, pois, embora sabendo que o Calor não é transferido de um corpo para o outro, ele não percebeu que a maneira como a seta foi desenhada, saindo de um corpo e entrando em outro, poderia conduzir o estudante a esse entendimento. Prosseguindo, ao lado, ela repetiu o desenho do primeiro momento, alterando a quantidade de moléculas, isto é, deixando a mesma quantidade nos dois objetos, simbolizando o equilíbrio térmico. O que se destaca é que conserva a distância entre os objetos, compreendendo que esta grandeza física não faz parte da relação universal do Calor.

Figura 5 – Modelo final da relação universal do Calor



Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Davydov (1988) explica que modelos nucleares contêm células germinativas que são as relações básicas, contradições e complementações que aparecem no interior de fenômenos estudados em um conteúdo escolar. A modelização, então, tem sua relevância por promover a consciência da realidade captada e reproduzida pela mente humana, isto é, para a formação da consciência, faz-se necessário a recriação do real pela mente humana. Por isso, se faz necessário que o professor solicite a socialização dos modelos construídos; primeiro, para ter certeza de que a relação universal foi captada por todos os estudantes, segundo, para facilitar a

compreensão do modelo como uma concretização do real, que contém aspectos internos do conceito.

Hedegaard (2002) e Hedegaard e Chaiklin (2005) consideram que os conhecimentos científicos devem ser apreendidos por meio de seus modelos teóricos a fim de que possam ser utilizados como ferramentas mentais na interpretação e na solução de problemas concretos, envolvendo o conceito. Essa apreensão implica em saber fazer perguntas sobre o fenômeno e analisá-lo. Portanto, o modelo da relação geral, ao tornar-se uma ferramenta para os alunos analisarem situações particulares envolvendo Calor, estaria se desenvolvendo na atividade intelectual dos alunos como um conceito.

4.2.2.3 Transformação do modelo da relação geral de Calor para aprofundar sua compreensão

De acordo com Davydov, na ação de transformação do modelo, a finalidade é proporcionar aos alunos o estudo das propriedades dessa relação, mas agora de forma pura, sem seus vínculos com o problema em que ela esteve associada durante a primeira ação. Para isso, o professor introduz propositalmente uma mudança no modelo da relação geral, de modo a provocar uma alteração que descaracterize a essência do objeto estudado. Essa mudança pode ser um erro proposital. Ao analisar o que acontece com a introdução da mudança, quais são as suas consequências, os estudantes devem concluir que há uma contradição e que isso descaracteriza a relação geral como ela originalmente deve ser. Essa análise contribui para que os alunos consolidem a compreensão da relação geral (DAVYDOV, 1982, 1988, 1999).

Assim, foi apresentado aos alunos o vídeo intitulado “Marcha dos Pinguins”²⁶. Esse vídeo aborda o processo de reprodução dos pinguins como aves que habitam o hemisfério sul, em especial a Antártica, com temperaturas de aproximadamente - 40°C. Imediatamente após assistirem ao vídeo, os alunos deveriam realizar um experimento mental, envolvendo o conteúdo do vídeo.

Isso implicaria em colocar, imaginativamente, a galinha²⁷ para chocar seus ovos na Antártica, como fazem os pinguins. O objetivo dessa ação era criar uma contradição em relação ao conceito Calor. Como afirmam Giest e Lompscher, promover o pensamento

²⁶ Vídeo: *A marcha dos pinguins*. Anexo 04 do plano de ensino. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=s2IbWkcXKno&t=282s>. Acesso em 20 mar. 2019

²⁷ A galinha é um animal homotérmico capaz de regular a temperatura do corpo independente da temperatura do ambiente, graças ao centro termorregulador localizado no seu sistema nervoso central (SILVA MELO, *et al.* 2016). Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigo/3154/relaccedilatildeotemperatura-e-nutriccedilatildeo-sobre-o-desempenho-de-galinhas-poedeiras>. Acesso em 4 mar. 2020.

dialético “significa pensar em unidades de contradições e sistemas mentais” (GIEST; LOMPSCHER, 2003, p. 11). Desse modo, os estudantes deveriam identificar a contradição presente entre as condições de temperatura e a possibilidade de troca de energia na forma de Calor para, então, formularem conclusões correlacionadas à relação geral do objeto de estudo. O professor iniciou a quarta aula solicitando aos alunos que se organizassem em grupos conforme o Quadro 5.

Quadro 6 – Grupos de estudo da ação 3

Grupos de estudo	Componentes (* representante do grupo)
(G1) Grupo 01	P2* – P3 – P9 – P22
(G2) Grupo 02	P4* – P7 – P11 – P16
(G3) Grupo 03	P12 – P15 – P17* – P20
(G4) Grupo 04	P1 – P8 – P13 – P14* – P18
(G5) Grupo 05	P5* – P6 – P10 – P19 – P21

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Prosseguindo, o professor apresentou a ação proposta para ser realizada nesse dia, bem como o objetivo a ser alcançado com sua execução.

Professor: Gente, vocês já identificaram a relação geral básica do calor e criaram um modelo representativo dessa relação. Na aula de hoje vocês terão a oportunidade de aprofundar as propriedades dessa relação.

Inicialmente, o professor fez referência a aluna P2 que, em uma aula anterior, questionou a reprodução de pinguins e de tartarugas enquanto assistia o vídeo de galinhas em processo de reprodução. Na ocasião, a aluna demonstrou-se curiosa e motivada a compreender como seria o caso em relação às tartarugas e aos pinguins. A seguir, o professor convidou todos a assistirem o vídeo “A marcha dos Pinguins”. No vídeo, os alunos deveriam identificar onde e como o Calor se fez presente durante a reprodução dos pinguins.

Após assistirem ao vídeo, o professor orientou-os a realizarem o experimento mental que consistiu em imaginar a galinha chocando seus ovos na Antártica²⁸, analisando a possibilidade de reprodução, levando em consideração o ambiente e as formas de

²⁸ Essa tarefa imaginativa foi embasada na experiência relatada por Hedegaard e Chaiklin (2005) e proposta por Hedegaard quando, em 1990, durante o ensino de crianças dinamarquesas da 3ª série, enquanto elas trabalhavam o modelo nuclear das espécies, da população e do nicho ecológico. Solicitou-se que imaginassem o que aconteceria ao urso polar se ele fosse transferido para o Deserto do Kalahari e a lebre do deserto fosse transferida para a Groenlândia. Eles refletiram sobre o nicho ecológico do urso polar e da lebre do deserto e concluíram que cada espécie adapta-se ao seu próprio nicho ecológico específico. A experiência imaginativa promoveu generalizações para outras espécies, de modo que os alunos formularam uma relação conceitual geral entre espécies e nicho ecológico.

sobrevivência dos pinguins. O pensamento dos alunos foi orientado para a análise da contradição referente à quantidade de energia na forma de Calor necessária para manter o equilíbrio térmico entre a galinha e os ovos, observando as condições climáticas do ambiente em que se reproduzem os pinguins na Antártica.

O professor disponibilizou 15 minutos para os alunos realizarem o experimento mental. Após esse tempo, foram solicitados a discutir nos grupos como foi a experiência realizada e quais foram os resultados obtidos²⁹. O aluno P20 disse: “porque eu tenho que estudar uma coisa que nunca vai acontecer? Porque eu tenho que levar uma galinha pra Antártica?” O professor explicou que faz parte da metodologia e que a tarefa teria um objetivo que mais tarde seria verificado por ele.

O aluno aceitou a justificativa, porém, entendemos que o professor poderia ter problematizado com outras questões, tais como: O que você quer dizer com “uma coisa que não vai acontecer”, “parece que você já realizou o experimento imaginativo, você já colocou a galinha naquele ambiente, pois já tem respostas”. “Esse é o objetivo identificar possibilidades e levantar as contradições”. Outra resposta poderia incentivar o aluno a conhecer a reprodução semelhante entre animais de diferentes habitats. O aluno estranhou ter que analisar uma situação envolvendo uma região do planeta muito diferente da que ele vive e que, provavelmente, esse estranhamento foi causado pelo fato de o aluno estar muito acostumado a discutir conteúdos de aprendizagem apenas em relação à realidade brasileira. Hedegaard (2002) ressalva que o professor deve guiar a aprendizagem da forma mais clara possível a partir do envolvimento do aluno com leis gerais. Por isso, não basta conhecer a realidade local, é importante ir além e entender outras realidades para poder refletir sobre conflitos e contradições locais e, se necessário, agir em sua realidade de forma consciente. Segundo Hedegaard (2002), é por meio da recriação do objeto em suas relações com outros objetos que as relações são reveladas.

A mudança de metodologia de estudo nem sempre é bem aceita. O aluno que se manifestou apresentou um raciocínio rápido e coerente, e consegue aprender mesmo com a metodologia tradicional de ensino, pois desenvolveu o hábito de analisar, questionar as situações e participar dos questionamentos propostos em sala de aula. Entretanto, verifica-se que alguns alunos cometem erros de grandes proporções, possivelmente porque não estão

²⁹ Não foi solicitada aos alunos a realização de pesquisa sobre as condições climáticas da Antártica, prevista no plano de ensino, por se considerar que o conteúdo do vídeo já apresentava informações suficientes referentes à temperatura média e às condições de sobrevivência no ambiente de reprodução dos pinguins.

habituaados a pensar e analisar o processo de transmissão de energia por Calor em situações de seu cotidiano:

P4: Como a temperatura do ambiente é menor do que a que a galinha está acostumada, então essa troca de energia entre a galinha e o ovo na Antártica vai ser muito menor, a interação será muito menor do que no ambiente que ela está acostumada. [a interação seria maior, pois quanto maior a diferença de temperatura entre os corpos, mais intenso é o Calor]. O ovo em contato com o solo [gelo] tanto o ovo como a galinha iriam morrer.

A atitude do professor foi de diálogo com questionamentos, incentivando os alunos a pensarem:

Professor: Como assim? Interação menor, menos calor e, ovos e galinha morrem!

P2: Vai haver transferência de muita energia em pouco tempo, porque as temperaturas são muito diferentes!

Professor: Por que a galinha vai morrer?

P2: Porque perde energia.

Professor: Então, a partir do conceito de calor, porque a galinha não vai suportar o frio?

P2: Porque a transferência vai ser maior.

P4: O organismo da galinha não está adaptado para esse frio.

Professor: Mas e com relação ao calor?

P4: A galinha vai ficar na temperatura do ambiente.

P2: Em equilíbrio térmico.

Professor: Ela vai trocar energia com o ambiente, e qual vai ser o sentido dessa troca?

O professor percebe que está alcançando o seu objetivo e prossegue:

Professor: Então: qual que é o sentido da transferência de energia?

Alunos: Da galinha para o ambiente.

P2: Ah, que legal! A galinha vai ceder energia até entrar em equilíbrio térmico com o ambiente.

Alunos: Cede energia na forma de calor.

Professor: Certo e o que está acontecendo com a temperatura da galinha?

Alunos: Vai diminuindo, a temperatura do ambiente é baixa!

Professor: E o corpo dela vai conseguir manter a temperatura para que os seus órgãos se mantenham saudáveis? Porque ela come e esse alimento se transforma em energia para manter a temperatura dela constante.

Alunos: Não!

Professor: Vamos pensar na galinha. O que os ovos precisam para transformar-se em pintinhos?

Alunos: Calor! – Transferência de energia.

Nota-se que vai ficando, cada vez mais, evidente a importância de o professor conduzir o processo de ensino-aprendizagem a partir dos pressupostos do ensino desenvolvimental. O diálogo realizado para fixar as propriedades do conceito Calor proporcionou aos alunos observarem o erro conceitual. O Professor insistiu:

Professor: Ocorre transferência [de energia] sempre?

Alunos: Sim, não! Entre o ovo e a galinha não, mas com o ambiente sim.

Professor: Em algum momento há ausência de calor?

Alunos: Não! Sim!

Professor: Então, vamos pegar a galinha e os ovos e levar lá pra Antártica. O que acontece?

P2: Tanto o ovo como a galinha vão ficar na mesma temperatura do ambiente

Professor: Então os pintinhos vão nascer?

Alunos: Não.

Professor: Então o que o ovo precisa para se manter vivo?

Aluno: Calor! Não! Troca de energia

Outro aluno diz: Não pode ter troca de energia! Tem que manter a temperatura!

Davydov (1988, 1999) explica que na ação de transformação do modelo, na medida em que se promove a alteração em qualquer parte de sua estrutura, toda a relação se modifica, produzindo consequências na essência do objeto. Se utilizada a relação geral dessa forma, o resultado dos problemas analisados será, também, modificado. De acordo com Freitas (2016, p. 413) “a introdução de mudanças no modelo consiste em introduzir alterações na relação geral universal, ou nos elementos que a compõem, de modo que altera-se o núcleo dessa relação e, conseqüentemente, o resultado”.

Retomando a experiência imaginativa com a galinha chocando seus ovos no habitat dos pinguins, viu-se que esta experiência promoveu uma reflexão importante sobre o Calor e os elementos constituintes da relação universal. Os alunos perceberam de imediato que a temperatura da Antártica (-40°C) e o modo como a galinha se organiza para chocar os ovos dificultaria sua reprodução. A galinha morreria na ausência da proteção humana, tão logo fosse colocada a chocar naquele ambiente. Entretanto, eles demoraram um pouco mais para explicitar a relação com o Calor e todos entenderem que o sistema galinha-ovos ficaria sujeito a maior transferência de energia interna para o ambiente, aumentando significativamente o Calor.

É importante destacar que, nessa ação, foi proposto o experimento mental envolvendo um habitat (a Antártica) muito diferente do que os estudantes conhecem. Entretanto, tal diferença não se constituiu em empecilho para o desenvolvimento da ação. Ela foi realizada e promoveu discussões que fortaleceram a compreensão da indispensabilidade dos elementos constitutivos da relação universal do conceito Calor.

4.2.2.4 Análise e solução de problemas particulares utilizando a relação geral do Calor

Nessa ação, foram proporcionadas diversas tarefas tendo como base a relação geral universal do Calor e seu vínculo com situações particulares. Elas constituem variantes do

problema inicial e os alunos identificam nelas a relação básica como um procedimento geral de pensar e analisar o objeto em situações reais e concretas (DAVYDOV, 1988, 1999).

O quinto encontro iniciou com a organização dos alunos em grupos (Quadro 6) e com um breve comentário, realizado pelo professor, apresentando a ação proposta para a aula, explicitando sua constituição e seus objetivos, quais sejam: a resolução de problemas particulares referentes ao objeto de estudo por meio do conceito Calor.

Quadro 7 – Grupos de estudo da ação 4

Grupos de estudo	Componentes (* representante do grupo)
(G1) Grupo 01	P4 – P5* – P11 – P15
(G2) Grupo 02	P1 – P2 – P16 – P17*
(G3) Grupo 03	P6* – P8 – P19 – P20
(G4) Grupo 04	P3 – P7 – P10* – P13 – P21
(G5) Grupo 05	P9* – P12 – P14 – P18 – P22

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Foram previstos cinco momentos correspondentes à Tarefa 8 que, para facilitar a compreensão, serão designadas de 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5. A primeira consistiu em um texto impresso com o título “Dez dicas para enfrentar o calor” (Apêndice I), entregue aos alunos em seus respectivos grupos de estudo para leitura e análise de cada afirmativa, considerando o conceito calor para, em seguida, indicar se estavam corretas ou não e, caso julgassem necessário, reescrever o texto para torná-lo correto.

A Tarefa 8.1 foi recebida e realizada pelos estudantes de forma colaborativa, pela qual eles demonstraram grande interesse. Eles identificaram frases que poderiam promover o entendimento do conceito Calor balizado na teoria do calórico e, conseqüentemente, realizaram a substituição por frases explicitando o Calor como energia existente temporariamente sob a condição de temperaturas diferentes, indicando o movimento das partículas constituintes dos corpos. Os alunos estavam motivados e não encontraram dificuldades em apontar as frases que induziam ao erro conceitual, o que facilitou também a formulação da frase para substituí-la no texto. O Quadro 7, apresentado a seguir, traz as correções realizadas pelos estudantes.

Quadro 8 – Síntese das correções dos alunos referente ao texto “10 dicas para enfrentar o Calor”

EXPRESSÕES ORIGINAIS DO TEXTO	EXPRESSÕES LINGUÍSTICAS ELABORADAS PELOS ALUNOS
Exposto ao calor do sol	Exposto à energia solar
O calor estraga mais rapidamente os alimentos	Alguns alimentos expostos a altas temperaturas estragam facilmente
Roupas claras esquentam menos do que roupas escuras	Roupas claras absorvem menos energia térmica do que roupas pretas
Aumentam o calor do ambiente	Aumentam a temperatura do ambiente
Que o calor saia	Que a energia interna de um corpo varie [diminua] por meio do calor
Dias de extremo calor	Dias com temperaturas muito elevadas

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Na sequência, previu-se realizar com os alunos um pequeno experimento, Tarefa 8.2, em que eles seriam convidados a friccionar suas mãos por alguns segundos e, em seguida, tocar sua face e descrever o que sentiram e observaram. Em seguida, deveriam explicar o fenômeno utilizando o conceito Calor. O experimento foi realizado prontamente por todos por mais de uma vez. Segue o diálogo entre alunos e destes com o professor:

Professor: E aí o que vocês sentiram?

Alunos: Que as mãos esquentaram!

Professor: Esquentaram! Por quê? A temperatura aumentou? Qual a relação do fenômeno com o calor?

P9: Não pode haver calor, as mãos estão na mesma temperatura.

Professor: Então o que aconteceu com suas mãos após a fricção?

P5: Esquentaram.

P13: O que aconteceu foi aumento de temperatura.

Professor: O atrito faz com que os objetos esquentem. E quando colocaram a mão na face, o que acontece?

P7: Transferência de calor.

P4: Não! É transferência de energia!

P9: Isso, a face está com menos [menor] temperatura aí há transferência de energia.

P2: Então, ao friccionar as mãos, elas esquentam [aumenta a temperatura] e quando coloca elas no rosto, há transferência de calor, não! Transferência de energia [transferência de energia por Calor].

Nesse momento, P6 estabelece uma importante relação que demonstra motivo para aprendizagem e para participar nas tarefas propostas.

P6: Por isso que quando a gente está com febre sente frio. Ahhh!

Professor: Como assim? Está com febre e sente frio?

P4: É porque a temperatura está maior que o ambiente.

P2: É porque seu corpo está quente, com mais energia, ele precisa perder energia. Ele perde mais energia.

Foi prevista outra tarefa, a 8.3, que consistia em um vídeo com o título “*Telejornal e a previsão do tempo*”³⁰, em que o Calor foi citado (como sinônimo de quente), e que os alunos deveriam analisar o uso do conceito Calor, verificando se haveria aí problemas conceituais. Porém, a atividade foi abortada por decisão do professor colaborador em consenso com a pesquisadora, que entenderam que poderiam prosseguir com a tarefa envolvendo a reprodução de tartarugas, cujo interesse pelo conhecimento foi demonstrado pela aluna P2 e por componentes de seu grupo de estudo, quando assistiam ao vídeo sobre reprodução de galinhas caipiras.

Prosseguiu-se, então, com a Tarefa 8.4, que consistiu da leitura e análise de uma parte do artigo “Projeto tartaruga marinha: áreas de desova, épocas de reprodução, técnicas de preservação”³¹, correspondente à desova e reprodução das tartarugas marinhas. E deveria ser lida e analisada respondendo por que essas tartarugas fazem seus ninhos na areia sob a radiação solar intensa. Os alunos realizaram a tarefa com o mesmo interesse que demonstraram na realização das tarefas anteriores. Segue o diálogo entre alunos e destes com o professor:

P1: Gente, a tartaruga é igual à galinha. Deixar os ovos sob radiação solar é como a galinha deitar em cima dos ovos....

P4: As tartarugas fazem seu ninho sob a radiação solar, na areia existe uma troca de calor entre eles, mas não é tão elevada [como] se eles estivessem em contato direto com os raios solares.

P7: Com a areia debaixo do sol (sic), os ovos vão estar sempre aquecidos, a areia faz o papel da mãe, para aquecer, entendeu.

E foi planejada também a Tarefa 8.5, que se referia a uma situação-problema vivenciada pela pesquisadora: “A pesquisadora Talitta, antes de viajar de Gurupi-TO para Goiânia-GO, distantes aproximadamente 650 km, usou o ferro elétrico para passar uma blusa e não retirou o *plug* da tomada, isto é, deixou o ferro elétrico ligado, próximo a sua cama. A casa ficaria fechada por aproximadamente 32 horas. Quais as consequências dessa atitude. O que deveria ser feito para resolver esse problema?” No entanto, esta tarefa não foi realizada

³⁰ Anexo 06 do plano de ensino. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ZePlsNf4P_Q . Acesso em: 20 mar. 2019.

³¹ Artigo “Projeto Tartaruga Marinha: áreas de desova, época de reprodução, técnicas de preservação”. Disponível: https://www.tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/1980. Acesso em: 20 mar. 2019.

pelo mesmo motivo apresentado na Tarefa 8.3. O professor, antes de finalizar a aula, promoveu o diálogo:

Professor: Durante a reprodução, é o calor que mantém os animais vivos?

P11: Sim, eles estão sempre trocando energia.

P20: Não! O calor existe por um determinado tempo até animais e ovos ficarem na mesma temperatura.

Professor: Usando como pano de fundo o calor e as conclusões após o desenvolvimento das tarefas propostas, respondam: o calor é indispensável para gerar vidas?

P12: Sim.

P20: Eu acho que é mais importante o equilíbrio térmico.

Professor: O que é equilíbrio térmico?

P5: É quando eles [objetos de um sistema] estão na mesma temperatura.

Professor: E quando eles [objetos de um sistema] estão na mesma temperatura o que acontece com o calor?

P12: O calor cessa.

Professor: Então o Calor é importante! O equilíbrio térmico é uma consequência do Calor.

Davydov (1988, p. 175) explica que esta ação permite concretizar a tarefa de aprendizagem inicial e a converter na diversidade de tarefas particulares que podem ser solucionadas por um procedimento geral, paulatinamente assimilado durante a execução das ações anteriores. O autor (DAVYDOV, 1988, p.104) afirma que quando os alunos formam generalizações e usam o princípio geral apreendido em contextos particulares relacionados ao conceito, significa que os objetivos do ensino escolar foram atingidos.

Os alunos demonstraram grande alegria em perceber que conseguiam resolver os itens das Tarefas 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5 com certa facilidade, embora nem todos tenham alcançado esse nível de desenvolvimento mental, mesmo com o professor mantendo constante postura de orientador, concomitante com o monitoramento dos alunos, de modo a assegurar que todos estivessem em atividade de estudo.

4.2.2.5 Controle (ou monitoramento) da realização das ações anteriores

O controle (ou monitoramento), de certa forma, é uma autoavaliação que os alunos fazem para verificarem se estão realizando ativamente as ações propostas e se estão atingindo os objetivos indicados pelo professor. Assim, identificam, também, se é necessário rever, refazer, retomar ou redirecionar determinada ação. Segundo Davydov (1988, 1999), o controle ou monitoramento consiste em uma reflexão consciente e crítica do aluno sobre si mesmo no estudo do objeto.

O professor deve estar atento para que todos os alunos participem, de forma ativa e correta, de modo a prover a mediação didática adequada quando algum aluno manifestar dificuldade. Essa ação foi desenvolvida durante toda a atividade de estudo que os alunos se propuseram a realizar. Desde o problema de aprendizagem, que marcou o início da atividade de estudo, até a quarta ação em que foram propostos alguns problemas particulares, envolvendo o conceito Calor e suscitando os alunos à solução, a maioria dos estudantes demonstrou engajamento expresso pela participação nas discussões em grupos. Um exemplo de controle pode ser verificado no diálogo realizado pelos alunos do Grupo 3 e o professor:

P11: Professor, posso tirar (sic) dúvidas?

Professor: Sim, o que você quer saber?

P11: Eu insisto na minha teoria do gelo no suco!

P16: Qual é sua teoria?

P11: Assim o suco está em certa temperatura e geralmente a gente coloca o gelo por que, para aumentar a temperatura do suco, não é?

P15: Diminuir a temperatura.

P11: Tá diminuir, isso pode ser considerado calor?

P15: Sim.

O professor entende que precisa interferir e reforçar a compreensão da relação universal do Calor pela aluna P11. Percebe que o diálogo entre as componentes do grupo é relevante, portanto não as interrompe, aguardando o momento de se manifestar. Os alunos prosseguem:

P15: Temos aqui dois objetos diferentes em diferentes temperaturas que compartilham temperatura.

P16: Olha aqui gente, tem aqui uma bola que é o sol e aqui outra que tem a temperatura menor e aqui ela está transmitindo calor!

P11: Isso, quando elas encostarem, elas vão ter a mesma temperatura.

Professor: Vocês podem pensar em algo particular, mas o modelo ele tem que ser genérico. Genérico é geral, vale para todos os casos particulares. E, explica que o modelo é um desenho, um esquema, mas tem que representar a relação geral básica do conceito Calor. Pode fazer primeiro momento, segundo momento.... Qual é a relação universal do calor?

Ressalva-se que, durante a realização das tarefas, foi relevante o monitoramento realizado pelo professor e também pelos próprios alunos em relação à participação ativa e o foco no objeto de estudo. Nas interações entre alunos, observa-se:

P20: Uma galinha abandona o ninho se outras galinhas forem lá e mexeram nos ovos dela e também se um cachorro for lá e comer algum ovo...

P13: Essas hipóteses não têm muito a ver com Física, não!

E, em outro momento:

P20: Vamos pensar assim: tem ovo com embrião e ovo sem embrião.

P10: Tem ovo sem pintinho?

P20: Tem sim, tem galinha que bota ovo sem ter galo. Esse ovo não vai virar pintinho.

P14: Nossa eu não sabia.

P2: Vamos voltar aqui, Meu Deus! Quantos dias a galinha fica sobre os ovos? Uns cinco dias?

Durante o experimento, poucas vezes os alunos se retiraram da sala, embora nas aulas realizadas no primeiro horário eles tenham continuado a chegar atrasados. Durante a atividade de estudo, dois alunos saíram da sala (P19 e P22) e, a citação abaixo mostra o controle dos colegas e a preocupação com a aprendizagem:

P6: Tomara que eles aparecem ainda aqui. Depois nós perguntamos a eles o que é calor? Nós não podemos fazer nossa pesquisa sem eles.

Quanto à atitude do professor, houve atenção e paciência constante no sentido de somente avançar para a outra ação após constatar que todos os alunos haviam realizado corretamente as tarefas propostas e o objetivo presente na ação fosse alcançado. Essa atitude se expressa no diálogo a seguir, quando o Grupo 3 socializava o modelo por eles construído.

P11: Tem diferença sair do frio ou do quente?

P20: O frio não cede energia pro (sic) quente, é o contrário.

P7 e P11: Conversam e P11 diz não ter entendido.

Professor: P11 não entendeu, vamos lá. P11, qual que é a relação geral básica do conceito de calor?

P11: É a transferência de energia..., ah! Fale aí P20!

Professor: P11! Energia, transferência de energia por causa das temperaturas diferentes. Calor está no corpo?

P4, P1 e P20: Não: calor é processo!

Professor: Está claro isso, gente?

P11: Por isso da seta?

Professor: Isso, a seta nesse desenho indicaria o processo.

P11: Ahhh, agora entendi. Entendi, entendi... A seta indica o processo! [a aluna se sentiu feliz por ter compreendido o modelo e em consequência a relação universal do Calor]

A aluna P11 demonstrou dificuldade para construir o modelo da relação universal do Calor; no entanto, verificou-se que a dificuldade antecedia o procedimento solicitado. O professor, cautelosamente, mediou a relação entre o conhecimento e o sujeito, promovendo a compreensão desejada. Esse é o papel do professor no ensino desenvolvimental, proposto por Davydov e Hedegaard.

Embora, o professor tenha feito um grande esforço procurando despertar os motivos dos estudantes e instigando-os a pensar e as ações tenham sido planejadas com tarefas envolvendo práticas socioculturais de que os alunos participam, alguns alunos não entraram em atividade de estudo. Os alunos (P3, P16, P21) quase não participaram das discussões em grupo e, mesmo quando inquiridos pelo professor, se mantinham calados. O aluno P3 em entrevista revelou que tem problemas com sua família e, em sala de aula, essa atitude de permanecer isolado da turma e de não interagir com colegas ou com a professora era comum. Já os alunos P16 e P21 não entraram em atividade de estudo possivelmente por que estão habituados a realizar listas de exercícios, pesquisas com atribuição de notas e esse não foi o objetivo do experimento didático-formativo.

4.2.2.6 Avaliação da aprendizagem para verificar a formação do conceito teórico do Calor

Buscando concretizar essa ação, conforme delineada por Davydov (1988, p. 999), no plano de ensino, previu-se avaliar os alunos individualmente para verificar a apropriação do conceito ensinado. Nessa avaliação, o professor colaborador deveria verificar se o aluno foi capaz de generalizar e usar um procedimento geral para analisar e solucionar os problemas particulares envolvendo o fenômeno Calor. Assim, solicitou-se aos alunos a resolução das questões apresentadas inicialmente, quando se buscou realizar o diagnóstico dos seus conhecimentos acerca de Calor.

Dos vinte e dois alunos, dois (P20 e P21) não compareceram para resolver as questões correspondentes à tarefa da 6ª ação. A tarefa foi realizada por vinte alunos. Dos vinte, sete alunos (P2, P4, P5, P8, P13, P14, P15, P22) completaram as oito questões (1a, 1b, 1c, 1 d, 2a, 2b, 2c, 3). Nas respostas desses sete alunos, há indícios de que eles se relacionaram com o conhecimento do objeto Calor por meio de um pensamento do tipo teórico. Ressalva-se que os alunos P20 e P21 apenas ficaram ausentes nesse último encontro; porém, durante a atividade de estudo, foi possível identificar avanços na forma de pensar destes dois estudantes. Ressalva-se que houve mudança nas atitudes do aluno P20 em sala de aula, ele mostrou generosidade e colaboração durante vários momentos em que procuravam solucionar alguma tarefa proposta, atitude contrária àquela observada nas aulas que antecederam o experimento didático-formativo.

Treze alunos (P1, P3, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P16, P17, P18, P19) não responderam todas as questões e, embora algumas delas tenham sido respondidas corretamente, outras ficaram incompletas ou erradas. As respostas corretas desses alunos

permitem perceber que continuaram se relacionando com o objeto Calor por meio do pensamento empírico. Não houve transformação do seu tipo de pensamento e eles continuaram expressando a compreensão de que Calor é substância presente no corpo. Nota-se aí a permanência da análise do objeto de conhecimento utilizando-se a Teoria do Calórico, que já foi descartada pela comunidade científica. Além disso, quando utilizaram o termo energia, eles não explicitaram a que modalidade de energia se referiam (energia interna, energia na forma de calor, energia mecânica). Ainda assim, demonstraram, em alguns casos, que estavam ocorrendo mudanças em seu pensamento na direção de constituírem um pensamento teórico de Calor.

Apresenta-se o exemplo de três alunos (P3, P5, P8) que responderam a questão 1a, na tarefa diagnóstica, sem relacionar com o conceito Calor, mesmo com orientações do professor. No entanto, ao responder a mesma questão na ação 6 do experimento, esses alunos mostram indícios de mudança no pensamento:

P3(diagnóstico): sim, faria a mesma coisa que a Laura, porque seria um acampamento em um parque ecológico e seria adequado utilizar o de cabo de madeira.

P3(ação 6): sim faria a mesma coisa que a Laura, porque o cabo de madeira não passa tanto calor como os outros.

P5(diagnóstico): não, pois madeira é um material que, em sua superfície, acumula e incrusta material orgânico e inorgânico que é de difícil remoção. Levaria utensílios de aço inox, pois são mais duráveis, fáceis de lavar e não enferrujam.

P5(ação 6): sim, pois colheres com cabo de madeira não conduzem muita energia (calor), logo não queimará a mão de quem for preparar uma comida quente, diferente das de inox e de alumínio que são bons condutores térmicos.

P8(diagnóstico): não, porque há opções melhores, pois dentre esses, para um ambiente que há presença de fogueiras e outros inflamáveis, pegar o que tem maior facilidade de pegar fogo é a pior opção.

P8(ação 6): sim pois o de madeira não conduz tanta energia em [forma de] calor como os outros.

As primeiras respostas (tarefa diagnóstica) mostram ausência de conhecimento do conceito Calor, uma vez que os alunos não trazem o conceito para justificar a escolha do utensílio realizado. É possível afirmar que aprenderam o conceito empírico do Calor, pois, quando foram questionados sobre ele, souberam defini-lo corretamente, considerando-o energia em trânsito. A última ação (ação 6) da atividade de estudo consistiu da resolução das mesmas questões correspondentes à tarefa diagnóstica e os alunos (P3, P5 e P8) apresentaram respostas diferentes em relação a anterior, mostrando evidências de mudança em seu pensamento.

Prosseguindo, apresenta-se um quadro comparativo que demonstra sinteticamente as respostas dos alunos à mesma pergunta antes (tarefa diagnóstica) e na parte final do experimento didático-formativo. As citações são ilustrativas de indícios de transformação, de início de transformação, assim como de permanência.

Quadro 9 – Síntese ilustrativa das respostas dos alunos na tarefa diagnóstica e na tarefa final do ensino desenvolvimental

Pergunta	Resposta na tarefa diagnóstica	Resposta da tarefa correspondente a ação 6	Indício verificado
1a.	P16: Sim, porque o cabo de madeira transfere menos calor para as mãos e impede que haja algum acidente com queimadura.	P16: Faria a mesma escolha, sim, porque os cabos de madeira foram feitos para evitar queimadura. Não transferem calor do metal para a mão.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
	P3: Sim, faria a mesma coisa que a Laura, porque seria um acampamento em um parque ecológico e seria adequado utilizar o de cabo de madeira.	P3: Sim, faria a mesma coisa que a Laura, porque o cabo de madeira não passa tanto calor como os outros.	Houve permanência da forma empírica de pensar o objeto Calor.
	P5: Não, pois madeira é um material que, em sua superfície, acumula e incrusta material orgânico e inorgânico que é de difícil remoção. Levaria utensílios de aço inox, pois são mais duráveis, fáceis de lavar e não enferrujam.	P5: Sim, pois colheres com cabo de madeira não conduzem muita energia (calor), logo não queimará a mão de quem for preparar uma comida quente, diferente das de inox e de alumínio que são bons condutores térmicos .	Transformação do objeto Calor e formação de pensamento teórico em relação a ele.
	P8: Não, porque há opções melhores, pois dentre esses, para um ambiente que há presença de fogueiras e outros inflamáveis, pegar o que tem maior facilidade de pegar fogo é a pior opção.	P8: Sim, pois o de madeira não conduz tanta energia em [forma de] calor como os outros.	Transformação do objeto Calor e formação de pensamento teórico em relação a ele.
1b.	P5: Sim, pois as latas de refrigerante manteriam seu calor dentro da caixa , não trocando energia com o meio externo, que está em uma maior temperatura.	P5: Ele explicou usando uma analogia correta, porém não usou os conceitos corretos. Seria correto ele falar “as bebidas permaneceriam frescas por um tempo maior pois o isopor isola a troca de energia entre as latas de refrigerante que estão geladas, com o meio externo, que está quente, impedindo a troca de energia entre esses dois corpos com diferentes temperaturas .”	Transformação do objeto Calor e formação de pensamento teórico em relação a ele. Obs.: onde o aluno escreveu isola, provavelmente queria dizer que o “isopor dificulta...”
	P6: Sim, porque o isopor age como um isolante que não deixa escapar de dentro o calor para fora .	P6: Não, o calor não é o antônimo de frio nos conceitos da Física e sim a troca de energia. O que acontece no isopor é que ele age	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.

Pergunta	Resposta na tarefa diagnóstica	Resposta da tarefa correspondente a ação 6	Indício verificado
		como um isolante térmico que mantém a temperatura fria dentro e a quente do lado de fora.	
1c.	P4: Sim, uma vez que ao posicionar as bebidas sob os cubos de gelo, ambas entrarão em equilíbrio térmico. Logo a temperatura do gelo irá se relacionar com a temperatura das bebidas.	P4: Sim, pois ao colocar os cubos de gelo, haverá uma troca de energia entre esses e as bebidas , logo a mesma manterá uma temperatura baixa dentro da caixa de isopor.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
	P8: Sim, pois tendo o isopor como isolante térmico irá haver uma troca de energia , quase que somente entre a bebida e o gelo.	P8: Sim, pois as latas cederão energia térmica para o gelo. O calor leva o [ao] equilíbrio térmico das latas com o gelo.	Transformação do objeto Calor e formação de pensamento teórico em relação a ele.
	P9: Não, pois está repetindo ações, portanto, o gelo está sobre as bebidas pois o gelo irá entrar em equilíbrio térmico com a bebida, a bebida irá ficar gelada.	P9: Não, o gelo vai retirar energia das bebidas até ficarem na mesma temperatura (equilíbrio térmico).	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
	P16: Sim, porque é o gelo que proporcionará o frio para que a caixa conserve.	P16: Sim, porque o gelo vai retirar calor das bebidas até ficarem em equilíbrio térmico.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
	P18: Sim, pois o gelo iria transferir sua temperatura com as bebidas.	P18: Sim, porque iria acontecer a troca de energia entre as bebidas e os cubos de gelo, assim refrigerando as bebidas.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
1d.	P6: Calor todos nós temos em nosso corpo, e os agasalhos e cobertores se esquentam justamente pelo corpo. Nós nos sentimos mais quentes porque estamos em contato direto com o cobertor que absorve nosso calor e o que não aconteceria se estivesse em contato com o ar frio.	P6: Tá errado porque acontece a transferência de energia do corpo para o agasalho.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
	P7: O cobertor funciona como um isolante, o corpo solta calor e o cobertor acumula o calor entre o corpo e o mesmo fazendo ficar quente.	P7: O cobertor é isolante, o calor sai do corpo , mas o cobertor o prende entre o corpo e si, o esquentando. Então a explicação está meio certa.	Permanência da forma empírica de pensar o objeto Calor.
	P16: O corpo libera calor para o ambiente, quando alguém sente frio significa que está liberando muito calor. O papel do cobertor é	P16: O cobertor é um isolante térmico e mantém constante a temperatura do corpo.	Transformação do objeto Calor e formação de pensamento teórico em relação a ele.

Pergunta	Resposta na tarefa diagnóstica	Resposta da tarefa correspondente a ação 6	Indício verificado
	impedir que esse calor saia, fazendo com que a pessoa se mantenha aquecida com sua própria queima de energia que é transformada em calor		
	P17: Está correta, o cobertor é um isolante térmico e não “um objeto que esquenta”, pois com o próprio calor que é exposto do corpo é retido.	P17: Sim, o cobertor não deixa o calor sair do seu corpo, faz o equilíbrio térmico.	Permanência da forma empírica de pensar o objeto Calor.
2a.	P19: A garrafa térmica dificulta a troca de calor do líquido com o ambiente, ele fica frio ou quente.	P19: A garrafa térmica não deixa o líquido esfriar ou esquentar.	Permanência da forma empírica de pensar o objeto Calor.
	P22: Sim, a garrafa térmica conserva o líquido com temperatura quente ou fria.	P22: A garrafa térmica conserva o líquido na temperatura em que ele está quando é colocado nela.	Permanência da forma empírica de pensar o objeto Calor.
2b.	P4: Sim, ambos transferem calor um para o outro, ou seja, o café cede calor quente para o leite e o leite cede calor frio para o café.	P4: Sim, como o café está com uma temperatura maior, ele cede energia para o leite, ocorrendo o calor.	Transformação do objeto Calor e formação de pensamento teórico em relação a ele.
	P18: Qual colocar mais vai ficar com a temperatura.	P18: Sim, café cede calor para o leite.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
2.c	P14: O café, ele estava mais quente.	P14: Não, tem que saber qual dos dois estava com a temperatura maior (mais quente).	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
	P22: O café cede calor para o leite que estava frio.	P18: Sempre é o café que está mais quente, com a temperatura mais alta que o leite, então ele cede calor.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
3	P7: Isso ocorre porque a madeira transfere menos calor. Já o metal absorve mais o calor da temperatura.	P7: A temperatura dos dois é a mesma, mas o metal conduz melhor o calor.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.
	P14: São materiais diferentes, logo, absorvem ou cedem calor de maneiras diferentes.	P14: São materiais diferentes, o metal é o melhor condutor de calor, por isso é frio.	Início de transformação do objeto Calor e de formação de uma zona de desenvolvimento proximal.

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados da pesquisa.

Esta síntese permite identificar que houve mudanças no pensamento dos alunos. Considera-se prematuro afirmar que houve o desenvolvimento do pensamento teórico, embora as respostas tenham sido mais elaboradas e com poucos erros conceituais. Pode-se afirmar que houve significativa participação dos alunos tanto nos trabalhos em grupo quanto nas socializações após as tarefas serem concluídas. O diálogo iniciado pelo professor e um dos alunos geralmente era enriquecido pela participação de outros deles, que respondiam ou agregavam contribuições resultantes de alguma reflexão.

4.2.2.7 Resolução do problema do produtor rural apresentado no início da atividade de estudo

O professor começou o encontro agradecendo aos alunos pela colaboração durante todo o experimento e convidou-os a resolver o problema do produtor rural e a reprodução de galinhas caipiras, utilizando o conceito de Calor. Fez a leitura do problema e solicitou o pronunciamento dos alunos, coordenando para que falasse um de cada vez. A seguir, são apresentados alguns pronunciamentos que demonstram que houve a transformação no pensamento dos alunos em relação ao objeto Calor, em comparação com a forma inicial de seu pensamento, expressa na tarefa diagnóstica.

P4: Os dois ninhos que tiveram problemas para o produtor foram as condições dos ninhos que não eram corretas. É preciso que a galinha troque menos energia possível com o meio ambiente durante a chocagem, para isso os ninhos devem ser feitos em lugar fechado, protegido do vento e com comida e água perto da galinha.

P5: Claro os ninhos tem que ser em lugar fechado e a quantidade de ovos embaixo da galinha tem que ser pequena, eles tem que receber energia sempre para se manterem aquecidos durante todo o tempo.

P6: A galinha tem que acostumar botando ovo em lugar fechado e limpo, daí quando chocar fica deitada em cima dos ovos dela que vão ter a quantidade de energia para se manterem aquecidos e todos virarem pintinhos.

P12: É importante manter as galinhas em lugar fechado, mas com ventilação e a quantidade de calor deve ser pequena, apenas para manter a temperatura dos ovos igual a da galinha.

P18: Evitar calor, mantendo a temperatura do ninho constante.

P20: As galinhas têm que ficar cada uma no seu ninho, o produtor tem que ajeitar isso e por num lugar fechado, isso ajuda a manter a energia que a galinha e o ovo têm que é necessária para nascer todos os pintinhos.

Ao dizer que “A galinha tem que dar calor para os ovos não esfriarem”, a aluna P3 mostra um indício de que não formou o conceito teórico Calor. É possível que esta aluna não tenha entrado em atividade de estudo por algum motivo desconhecido que não foi possível investigar, devido ao término do vínculo desta pesquisadora com a Instituição de ensino.

Porém, em situações semelhantes, sugere-se: buscar compreender o que estava interferindo e contribuindo para que não houvesse a transformação no pensamento dela; apresentar nova tarefa de estudo, procurando um vínculo mais forte com motivos que a mobilizassem mais; dialogar com a estudante, mostrando interesse na transformação de seu pensamento e monitorar o seu desempenho nas atividades em grupo, bem como as relações interpessoais estabelecidas.

Os resultados revelaram que o ensino de conceitos da Física na sua forma teórica e seguindo as orientações de Davydov e Hedegaard requer um professor formado em Física, com domínio aprofundado dos conceitos que ensina e que se aproprie dos princípios pedagógicos e didáticos desses autores. Tendo em vista que, nesta pesquisa, contou-se com um professor com esses requisitos e, mesmo assim, ocorreram vários momentos na condução do diálogo em que o professor procedeu nos moldes da lógica formal, com questionamentos diretos e repetindo definições, por exemplo, ao insistir na questão: qual é a relação universal do Calor? E tanto os alunos quanto o professor repetiam a definição do conceito. Acredita-se ser difícil e demorado o processo de desconstrução do método ensino empírico pautado na lógica formal, com a consequente apropriação do método dialético do ensino teórico.

O planejamento de ensino demanda esforço e tempo. Nesse sentido, é indispensável que o professor tenha conhecimento científico do conteúdo a ser ensinado, para conseguir formular tarefas que envolvam uso de tecnologias com experimentos em laboratórios convencionais e/ou virtuais, procedimentos próprios da Física e, principalmente, que sejam instigadoras e que tenham um grau de dificuldade que exija o estudo investigativo da parte dos estudantes. Nas escolas brasileiras, especialmente nas públicas, os professores têm carga horária da disciplina de Física reduzida e uma formação não raro deficiente que limita o ensino; no entanto, professores e pesquisadores precisam investir no estudo lógico-histórico de outros conceitos nucleares da Física.

O período destinado à pesquisa foi de 18% da carga horária total, tempo que, a princípio, pode ser considerado muito extenso e que acarretaria aligeiramento dos demais conteúdos. Acontece que assumir um ensino fundamentado em teóricos da envergadura de Davydov e Hedegaard significa mudar a concepção política e social do processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a partir do momento em que o aluno internaliza os conceitos nucleares dos ramos da Física, a compreensão dos demais fica facilitada e paulatinamente o tempo para cada assunto nuclear vai sendo reduzido. Em nosso entendimento, os alunos que participaram da pesquisa exigirão mais significado nos conteúdos ensinados e também aqueles relacionados ao Calor, com certeza, serão aprendidos com mais facilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As décadas de experiência em ensino de Física nos níveis de Ensino Fundamental, Médio e Superior de modo algum facilitaram o trabalho desta pesquisadora. Ao contrário, a cada ano que passava, aumentava a preocupação com relação à baixa aprendizagem dos estudantes e à constatação de que esta, cada vez mais, se restringia a um mecanismo de aquisição temporária de conhecimentos, apenas o suficiente para alcançarem a nota necessária para avançar de série ou de nível. Em outras palavras, notava que os alunos não desenvolviam uma relação de conhecimento com os conteúdos de Física. Ou, como explica Davydov (1999), verificava que não havia uma real atividade de aprendizagem desses conteúdos.

Ao constatar que outros pesquisadores também identificaram a necessidade de mudanças no ensino de Física no Ensino Médio, verificou-se que estão em busca de possibilidades de realizá-la. Entretanto, não chegam ao aprofundamento de uma forma de organização do ensino que ambicione alterações no método de ensino, tendo em vista mudar o método de pensamento dos alunos ao analisarem objetos da Física. Assim, o desejo inicial de uma professora, de realizar mudanças no ensino dessa disciplina, encontrou-se com a necessidade da pesquisadora, de buscar possibilidades de promover tal mudança. Desse modo, com a compreensão de que o ensino nas escolas públicas brasileiras, em particular o ensino de Física no Ensino Médio, está requerendo uma transformação que não pode ser adiada e que esta mudança passa pela superação do pensamento empírico e pelo alcance do pensamento teórico pelos alunos, estava criado o motivo para a realização da presente pesquisa.

Buscou-se responder à seguinte questão: a adoção de princípios do ensino desenvolvimental em uma atividade de estudo, tal como propõe Davydov e Hedegaard, contribui para mudanças qualitativas na aprendizagem e desenvolvimento dos alunos? O objetivo geral da pesquisa foi desenvolver um experimento didático-formativo fundamentado nas teorias de Davydov e de Hedegaard a fim de analisar possíveis mudanças na aprendizagem dos alunos e apontar contribuições para as mudanças no ensino de Física no Ensino Médio.

As condições teórico-metodológicas da pesquisa foram proporcionadas pelas teorias de Davydov e de Hedegaard. Dessa forma, com fundamento principalmente nesses autores, foi planejado e realizado um experimento didático-formativo com foco no conceito Calor, ou seja, para verificar mudanças no método utilizado pelos alunos para compreender e analisar esse fenômeno natural.

O experimento didático-formativo foi o método utilizado por ser considerado por Davydov como o mais adequado para o estudo da essência das relações entre a organização do ensino e a natureza do desenvolvimento dos alunos. Agregaram-se contribuições de Hedegaard, dada a relevância de aspectos que essa autora acrescenta ao ensino desenvolvimental, como, por exemplo, o vínculo entre a tarefa de estudo, a experiência sociocultural dos alunos e a formação de motivos para aprender.

Assim, foi planejado e desenvolvido o ensino do conceito Calor na disciplina de Física, no Ensino Médio, em uma instituição de ensino pública federal, localizada no estado de Goiás. A análise buscou identificar indícios de mudanças no método de pensamento dos alunos em relação ao fenômeno Calor. Os resultados mostram que, dos vinte e dois alunos participantes do experimento didático formativo, oito demonstraram mudanças qualitativas representadas por indícios de um processo de formação do conceito teórico; treze alunos demonstraram indícios de mudanças no pensamento que caracterizaram a formação de uma zona de desenvolvimento proximal em relação a este conceito teórico; uma aluna não conseguiu avançar para além do pensamento empírico.

Destaca-se que esta aluna que não conseguiu avançar se encontrava com problemas afetivos pessoais, que foram minimizados por ela ao rejeitar a ajuda oferecida por esta pesquisadora e que tais problemas interferiram em sua participação nas aulas e nas ações de estudo, o que pode significar que ela não entrou, de fato, em uma atividade de estudo do objeto, como proposto na tarefa. A continuidade do processo pedagógico-didático em uma perspectiva desenvolvimental, provavelmente, levaria a mudanças mais relevantes no pensamento desta aluna. Haveria, porém, a necessidade de retomar ações por meio de outras tarefas, solicitar o auxílio de seus pares, obter informações mais aprofundadas sobre seu contexto institucional familiar, promover apoio e ajudas específicas da equipe escolar para a aluna. Isso não foi possível devido ao encerramento da pesquisa de campo.

Considerando-se a proposição do duplo movimento no ensino, conforme proposto por Hedegaard, identificou-se uma mudança na qualidade da participação dos alunos durante as aulas do experimento didático, com a formação de motivos pessoais e sociais que influenciaram em sua busca por aprender o objeto Calor como um conceito da Física.

A seguir são destacadas algumas contribuições de Davydov e de Hedegaard que se constatou na pesquisa e que podem influenciar em mudanças no ensino de Física no Ensino Médio.

1. No desenvolvimento da pesquisa, foi possível constatar participação ativa dos estudantes na realização de tarefas, bem como na socialização de resultados, o que não ocorria

anteriormente nas aulas de Física daquela turma observada pela pesquisadora. A maioria dos alunos não mostrava interesse em aprender Física, permaneciam ocupados em trocas de mensagens pelo celular ou se dedicavam a outros interesses; inclusive, atividades de outras disciplinas. Durante o experimento didático-formativo, se constatou que ocorreram mudanças no comportamento dos alunos, expressas por atitudes de colaboração e generosidade entre os pares, em que uns se preocupavam com o envolvimento dos outros na tarefa, realçando-se nesses momentos a influência da organização dos grupos solicitada à turma, com a composição de cada grupo por alunos em diferentes níveis de desenvolvimento real e de motivos para a aprendizagem.

2. Observou-se que a participação na atividade externa coletiva, isto é, realizar o percurso abreviado da investigação e estudo do Calor pelos cientistas no campo da Física, foi algo que também levou os alunos a um alto envolvimento com a tarefa de estudo. Eles realizaram, desse modo, a internalização da atividade dos teóricos, compreendendo o movimento de transformação do conhecimento sobre o Calor. Além disso, o trabalho colaborativo em grupo, também exerceu influência nesse processo de internalização, seja por meio da discussão entre pares, seja via a busca conjunta por explicações do problema dado na tarefa.

3. Foi possível constatar que houve mudança no tipo de pergunta formulada pelos alunos durante a atividade de estudo. Constatou-se que, durante as aulas regulares de Física, eles simplesmente ouviam as explicações da professora e não estavam habituados a realizar perguntas de natureza investigativa. Nas raras vezes em que formulavam perguntas, estas eram diretas e muito simples, mas também não eram exploradas didaticamente como ponto de partida para o aluno articular a experiência sociocultural ao processo de explicação científica do fenômeno Calor. Na atividade de estudo durante as aulas do experimento didático formativo, os alunos foram passando de perguntas oriundas da experiência cotidiana para perguntas mais elaboradas e vinculadas a alguma relação conceitual do objeto de estudo.

4. Embora não tenham sido todos, os alunos se mostraram capazes de movimentar o pensamento partindo do problema apresentado na tarefa, buscando o conceito teórico abstrato Calor e utilizando-o para analisar outros problemas concretos. Em outras palavras, realizaram o movimento do pensamento do abstrato ao concreto no processo de ensino-aprendizagem. A partir da relação geral abstrata do conceito Calor, os estudantes analisaram esse fenômeno físico concretamente. Esse foi o ponto alto do envolvimento e motivação dos alunos na tarefa de estudo. Exemplifica-se com a tarefa que visou à leitura e à correção do texto “Dez dicas para enfrentar o calor”. Os alunos fizeram uma leitura rápida e passaram a identificar palavras

e/ou sentenças cientificamente incorretas e a realizar a substituição, caso fosse necessário. Para exemplificar, temos a expressão original do texto “exposto ao calor do Sol” que os alunos substituíram por “exposto à energia solar”; “o calor estraga mais rapidamente os alimentos”, substituída por: “alguns alimentos expostos a altas temperaturas estragam facilmente”.

5. Tais observações indicam também a ocorrência do duplo movimento no ensino, que consiste em o aluno se deslocar do conhecimento adquirido na experiência da vida social cotidiana, apropriar-se do conhecimento desenvolvido de modo científico, fundamentado nos métodos investigativos no campo da Física e, depois, utilizá-lo na experiência de vida social novamente, mas de maneira transformada.

6. A atividade de estudo de um conceito da Física, de modo teórico de forma investigativa, requer dos alunos a consciência dos objetivos a serem alcançados e do método para sua obtenção, o que implica em mudanças na forma de pensar e agir dos estudantes. Não se espera que transformações subjetivas ocorram de imediato, elas sempre demandam tempo porque o processo de mudança no método de pensamento não é algo que ocorre rapidamente, mas, sim, a formação de uma nova atitude pessoal e novo tipo de relação epistemológica com os conteúdos da disciplina de Física. Portanto, não se pode auferir que por meio do ensino do conceito teórico Calor, fundamentado nos teóricos Davydov e Hedegaard, como foi proposto nesta pesquisa, os alunos tenham mudado seu método de pensar; porém, pode-se dizer que eles foram mobilizados para tal. Isso foi perceptível na avaliação correspondente à sexta ação da tarefa de estudo proposta, em que poucos alunos mencionaram a natureza do Calor respaldada pela Teoria do Calórico, já extinta e substituída pela Teoria do Calor energia. Observou-se também que houve redução no uso das expressões Calor, Temperatura e Sensação Térmica para se referir ao fenômeno físico Calor. Ou seja, houve mudança do significado e do sentido expressos por essas palavras.

Citadas as contribuições, se faz pertinente acrescentar as limitações da pesquisa.

1. A pesquisa foi realizada em uma instituição de ensino pública federal. Embora a literatura aponte, de forma geral, os mesmos problemas em relação ao ensino-aprendizagem de Física no Ensino Médio, em diversas instituições, dada a própria natureza qualitativa e contextualizada do experimento didático-formativo realizado, não é possível afirmar categoricamente que os resultados seriam os mesmos, caso esta pesquisa fosse aplicada em outras escolas públicas ou privadas, da rede estadual ou municipal de ensino, ou seja, em

outros contextos. O que se pode supor é uma tendência de que se obtenham resultados semelhantes.

2. O professor que colaborou com a realização do experimento didático-formativo, além de possuir Licenciatura Plena em Física, mestrado em Engenharia Agrícola e doutorado em Educação, tinha conhecimento das teorias de Davydov e de Hedegaard. Assim, não se pode afirmar que os resultados deste experimento didático-formativo seriam os mesmos, caso o professor colaborador não possuísse essa formação e os conhecimentos das teorias que fundamentaram o estudo.

3) A pesquisadora, por sua vez, com Graduação em Ciências - habilitação em Física, Especialização em Física, Mestrado profissional em Ensino de Física, ao realizar esta pesquisa, encontrava-se em processo de formação quanto ao referencial teórico e ao método utilizado na investigação. Assim, possíveis falhas e insuficiências podem decorrer da implicação da pesquisadora com o objeto investigado. O que se propôs alcançar, nesta pesquisa, está relacionado não só à busca de possíveis mudanças instrumentais pontuais no ensino de Física em geral e em particular no Ensino Médio. Ao contrário, tratou-se de uma ousada busca de transformação humana dos estudantes por meio do processo ensino-aprendizagem, implicando a incorporação de um método de ensino com grande força e influência nessa transformação. As implicações da pesquisadora com o objeto investigado e o momento em que se encontrava no desenvolvimento de um percurso intelectual e científico, no momento de realização da pesquisa, certamente, constituem aspectos que influenciaram tanto no sentido impulsionador como no sentido limitador das possibilidades da pesquisa.

A tese

O ensino organizado a partir de princípios da teoria do ensino desenvolvimental possibilitou algumas transformações subjetivas nos alunos no que se refere ao modo de relação com o conhecimento e ao método de analisar e compreender o conceito estudado. De modo geral, verificou-se a mobilização e o interesse pela aprendizagem, a participação, a colaboração, a atitude de busca e investigação por todos os alunos, como resultado da mediação didática presente nas ações de estudo do conceito Calor. Algumas mudanças foram observadas em três níveis distintos: a formação do conceito teórico Calor por um grupo de alunos; a formação de uma zona de desenvolvimento proximal em relação a esse conceito por um segundo grupo de alunos; o início de mudanças representado pela permanência apenas na mobilização e interesse pela aprendizagem, participação e colaboração, por um terceiro grupo de alunos. Neste terceiro grupo, observou-se que os alunos permaneceram na etapa inicial do

ensino desenvolvimental, quando deve ser criada a conexão da atividade de aprender e a busca pela compreensão do objeto da aprendizagem. Todos os alunos apresentaram mudanças em sua compreensão enquanto sujeitos no processo de aprendizagem, o que é um requisito fundamental para a constituição de um pensamento conceitual de natureza dialética. Assim, considera-se que adotar essa perspectiva teórico-metodológica no ensino de Física no Ensino Médio é uma alternativa a ser explorada por professores desse nível de ensino, a fim de se enfrentar e superar os diversos problemas que vêm sendo apontados na literatura científica, entre eles, a baixa aprendizagem dos alunos e o desinteresse em aprender Física.

As teorias de Davydov e de Hedegaard contribuem para desenvolver a práxis didático-pedagógica orientada para o compromisso social com a formação escolar dos alunos, cuja finalidade é que, ao aprenderem fenômenos da Física, haja transformações em sua formação cognitiva, social, ética, política, cultural, ou seja, que o aluno transforme subjetivamente sua capacidade para ser um sujeito consciente e atuante na sua realidade social e pessoal.

Entretanto, em face das contribuições aqui apontadas, para uma efetiva mudança no processo educacional em Física no Ensino Médio, são necessárias mudanças nas políticas públicas educacionais em nosso país, de modo que contemplem uma educação de qualidade, não no sentido de acolhimento e de preparação dos estudantes de Ensino Médio para avaliações nacionais e internacionais, mas para promover o seu desenvolvimento amplo, integral, preparando-os como pessoas conscientes, autônomas, capazes de uma compreensão crítica e uma ação transformadora das relações com a natureza e com os outros seres humanos.

No bojo dessas mudanças, os conhecimentos da Física precisam ganhar mais espaço no currículo escolar, não de forma quantitativa apenas, mas no poder que apresentam para exercer influências na compreensão do aluno sobre a realidade. Simultaneamente, é necessária a transformação da formação dos professores de Física, para que possam não apenas ter conhecimento aprofundado dos conteúdos que ensinam, mas também conhecer, de modo sistematizado e aprofundado, o ensino desenvolvimental e compreender os estudantes em seu período de desenvolvimento, como seres humanos sujeitos a influências positivas e restritivas das relações sociais e dos contextos institucionais dos quais participam.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, A. J. Nem tudo o que conta em educação é mensurável ou comparável. Crítica à accountability baseada em testes estandardizados e rankings escolares. **Revista Lusófona de Educação**, Lisboa, v.13, p.13-29, 2009.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4154>
- AMORIN, A. M. A. *et al.* Jogo de mímica para o ensino de propagação do calor: condução, convecção e irradiação. **Revista Prática Docente**, Confresa, MT, v. 3, n. 1, p. 158–170, 2018.
- ARAÚJO, E. P. **Apostila de ar condicionado e exaustão**. UniCEUB, Brasília, 2011.
- ASBAHR, F. S. F. A pesquisa sobre a atividade pedagógica: contribuições da teoria da atividade. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, nº 29, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n29/n29a09>. Acesso 2019.
- BARDIN, L. **L'Analyse de contenu**. Editora: Presses Universitaires de France, 1977.
- BARROSO, M. F.; RUBINI, G.; SILVA, T. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, n. 4, e4402, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0059>
- BECKER, F. Abstração pseudo-empírica e reflexionante: Significado epistemológico e educacional. **Schème: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**. Marília, SP. v. 6, p. 104-128, 2014.
- BERNARDES, M. E. N. O pensamento na atividade prática: implicações no processo pedagógico. **Psicologia em Estudo**, Maringá, PR, v.16, n.4, p. 521-530, 2011.
- BERNI, R. I. G. Mediação: o conceito vygotskyano e suas implicações na prática pedagógica. *In*: Simpósio Nacional de Letras e Linguística e I Simpósio Internacional de Letras e Linguística, 11. **Anais [...]**. Uberlândia, MG: UFU, 2006.
- BONADIMAN, H. **A aprendizagem é uma conquista pessoal do aluno**. O aluno como mediador, oferece condições favoráveis e necessárias para esta caminhada. UNIJUÌ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2005.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 194–223, 2007.
- BORBA, S.; VALDEMARIN, V. T. A construção teórica do real – uma questão para a produção do conhecimento em educação. **Currículo sem fronteiras**, [Online], v. 10, n. 2, p. 23-37, 2010. ISSN 1645-1384

BORGES, L. B. **Ensino e aprendizagem de Física: contribuições da teoria de Davydov**. 2016. 154f. Tese (Doutorado em Educação)- Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 2016.

BRASIL, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira. **Saeb**. 2015. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/educacao-basica/saeb>. Acesso em: 02 ago. 2019.

BRASIL, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira. **Pisa**. 2019. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/pisa> Acesso em: 02 ago. 2019.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio – PCN+ Ensino Médio: Física**. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf. Acesso em: 02 ago. 2019.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias / Ministério da Educação**. Brasília. p. 108, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação. **Rede Federal**. 2020. Disponível em: <http://redefederal.mec.gov.br/> Acesso em: 26 fev. 2020.

BRIGNONI, C. P. **Experimento didático formativo: a formação da imagem no olho humano**. 2018. 47fl. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática)– Instituto Federal de Goiás – Campus Jataí, Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2018.

BROCK, C.; ROCHA FILHO, J. B. Algumas origens da rejeição pela carreira profissional no magistério em física. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 28, n.2, p. 356-372, 2011.

CHAIKLIN, S. Developmental teaching in upper-secondary school. *In*: HEDEGAARD, M.; LOMPSCHER, J. (Ed.). **Learning Activity and Development**. Aarhus University Press, 1999, p. 187-210.

CHAIKLIN, S. A zona de desenvolvimento próximo na análise de Vigotski sobre aprendizagem e ensino. **Psicologia em Estudo**, Maringá, PR, v. 16, n. 4, p. 659-675, 2011.

CHARLOT, B. **Relação com o saber, formação dos professores e globalização**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

CHIQUETTO, Marcos José. O currículo de física do ensino médio no Brasil: discussão retrospectiva. **Revista e-curriculum**, São Paulo, v. 7, n. 1, 2011.

CIMA, R. C.; FERRARO, J. B. DA R. F. J. L. S.; LAHM, R. A. Redução do interesse pela Física na transição do ensino fundamental para o ensino médio: A perspectiva da supervisão escolar sobre o desempenho dos professores. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, Uvigo [Espanha], v. 16, n. 2, p. 385-409, 2017.

CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B. Uma discussão conceitual para o “equilíbrio térmico”. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 176-193, 2004.

CORDEIRO, A. M. *et al.* Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Rev. Col. Bras. Cir.**, Rio de Janeiro, v 34 , n. 6, 2007.

DARROZ, L. M.; TREVISAN, T. L.; ROSA, C. T. W. DA. Estratégias de aprendizagem: caminhos para o sucesso escolar. **AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, PA, v. 14, n. 29, p. 93-109, 2018.

DAVYDOV, V. V. **Tipos de generalización en la enseñanza**. 3 ed. Trad. M. Shuare. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982.

DAVYDOV, V. V. Problems of developmental Teaching – The experience of theoretical and experimental psychological research. **Soviet Education**, Ago., 1988, (vol. XXX nº. 8). Tradução de José Carlos Libâneo e Raquel A. M. M. Freitas.

DAVYDOV, V. V. What is Real Learning Activity? In: HEDEGAARD, M.; LOMPSCHER, J. (Ed.). **Learning Activity and Development**. Aarhus: University Press, 1999. 352p.

DAVYDOV, V. V.; MÁRKOVA, A. K. La concepción de la actividad de estudio en los escolares. In: SHUARE, M. (Comp.). **La psicología evolutiva en la URSS: Antología**. Moscú: Editorial Progreso, 1987.

DUARTE, N. A teoria da atividade como uma abordagem para a pesquisa em educação. **Perspectiva**, Florianópolis, v.21, n.2, p. 279-301, 2003.

ELKONIN, D. B. Antologia. In: SHUARE, M. (Org.) **La psicología evolutiva e pedagógica en la URSS**. Moscou: Progreso, 1987. p. 104-124.

ELKONIN, D. B. **Psicologia do Jogo**. São Paulo: Martins Fontes, 2ª ed. 2009.

ELKONIN, D. B. Enfrentando o problema dos estágios no desenvolvimento mental das crianças. Trad. Maria Luísa Bissoto, **Educar em Revista**, Curitiba, n.43, p. 149-172, jan./mar., 2012.

ERTHAL, J. P. C.; LINHARES, M. P. Proposta de ensino de tópicos sobre radiações eletromagnéticas para o ensino médio. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 247-265, ago. 2008.

FERREIRA, M. F. *et al.* Investigação sobre fatores de sucesso e insucesso na disciplina de física no ensino médio técnico integrado na percepção de alunos e professores do Instituto Federal de Goiás–Campus Inhumas. **Holos**, Natal, v. 5, p. 347-368, 2013. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1377/748>. Acesso em: 22 abr. 2020.

FERREIRA, S. H. A.; BARRERA, S. D. Ambiente familiar e aprendizagem escolar em alunos da educação infantil. **Psico**, Porto Alegre, v. 41, n. 4, p. 12, 2010.

FREITAS, L. C. de. Os reformadores empresariais da educação: da desmoralização do magistério à destruição do sistema público de educação. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 33, n. 119, p. 379-404, abr./jun. 2012.

FREITAS, R. A. M. M. Pesquisa em didática: o experimento didático formativo. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA ANPED CENTRO-OESTE*, 10. 2010, Uberlândia, MG. **Anais** [...]. Uberlândia, p. 1-11, 2010.

FREITAS, R. A. M. M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 403-418, 2012.

FREITAS, R. A. M. M. Formação de conceitos na aprendizagem escolar e atividade de estudo como forma básica para organização do ensino. **Educativa**, Goiânia. [Online], v. 19, p. 388-418, 2016.

FREITAS, R. A. M. M.; ROSA, S. V. L. Ensino Desenvolvimental: contribuições à superação do dilema da didática. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 40, n. 2, p. 613-627, 2015.

GASPAR, A. **Física: Ondas - Óptica – Termodinâmica**; 1ª ed., São Paulo: Editora Ática, 2000.

GATTI, B. A. Implicações e perspectivas da pesquisa educacional no Brasil contemporâneo. **Cadernos de pesquisa**, São Paulo, n. 113, p. 65-81, 2001.

GAUDIO, A. C. Explorando mágicas em aulas de Física. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 483-497, 2015.

GIEST H.; LOMPSCHER, J. Formation of Learning Activity and Theoretical Thinking in Science Teaching. *In: KOZULIN, Alex et al. Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 267-288, Cap. 13.. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core>. Acesso em: 08 jun. 2018.

GLEISER, M. Ensinar física não é fácil. Aprender é menos ainda. **Física na Escola**, v. 1, n. 1, 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo1.pdf>. Acesso em; 16 mar. 2020.

GORUR, R. As "descrições finas" das análises secundárias do PISA. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 37, n. 136, p. 647-668, 2016.

HEDEGAARD, M. A zona de desenvolvimento proximal como base para o ensino. *In: DANIELS, H. (Org). Uma introdução a Vygotsky*. Trad. Marcos Bagno. São Paulo: Edições Loyola, 2002.

HEDEGAARD, M. The Development of Children's Conceptual Relation to the World, with Focus on Concept Formation in Preschool Children's Activity. *In: DANIELS, H.; COLE, M.; WERTSCH, J. (Ed.). The Cambridge Companion to Vygotsky* (pp. 246-275). Cambridge: Cambridge University Press. 2007.

HEDEGAARD, M. A cultural-historical theory of children's development. *In: HEDEGAARD, M.; FLEER, M. Studying children*. A cultural-historical approach. London: Open University Press. 2008, p. 10-29.

HEDEGAARD, M. A Cultural-Historical Approach to Children's Development of Multiple Cultural Identities. *In*: KONTOPODIS, M.; WULF, C.; FICHTNER, B. **Children, Development and Education**. Copenhagen: University of Copenhagen, 2011.

HEDEGAARD, M.; CHAIKLIN, S. **Radical-local teaching and learning: a cultural-historical approach**. Aarhus (Dinamarca): Aarhus University Press, 2005.

HEDEGAARD, M.; FLEER, M. **Studying children: A cultural-historical approach**. London: Open University Press, 2008.

HEDEGAARD, M.; CHAIKLIN, S.; PEDRAZA, P. Cultural sensitive teaching within a Vygotskian perspective. *In*: HEDEGAARD, M. (Ed.). **Learning in classrooms**. Aarhus: Aarhus University Press, 2001.

HEWITT, P.G. **Física conceitual** / Paul G. Wewitt; trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina – 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

JACKSON, G. Methods for integrative reviews. **Review of Educational Research**, v. 6, p. 438-460, 1980.

KOPNIN, P. V. **A Dialética como Lógica e Teoria do Conhecimento**. Tradução de Paulo Bezerra. Rio de Janeiro – RJ: Editora Civilização Brasileira, S. A., 1978.

LAZARETTI, L. M. Daniil Borisovich Elkonin: a vida e as produções de um estudo do desenvolvimento humano. *In*: LONGAREZI, A. M.; PUENTES, R. V. (Org.). **Ensino desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos**. Livro 1, ^a ed. Uberlândia: Edufu, 2017.

LESSA, S.; TONET, I. **Introdução à filosofia de Marx**. 2^a ed., São Paulo: Expressão Popular, 2011, 128P.

LONGAREZI, A. M.; FRANCO, P. L. J. A. N. Leontiev: vida e obra do psicólogo da atividade. *In*: LONGAREZI, Andréia Maturano; PUENTES, Roberto Valdés (Orgs.). **Ensino Desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos**. Uberlândia: Edufu, 3 ed., 2017, p. 67-110.

LENOIR, Y.; PEIXOTO, J.; SANTOS ARAÚJO, C. H. A intervenção educativa, um construto teórico para analisar as práticas de ensino. **Revista Educativa-Revista de Educação**, Goiânia, v. 14, n. 1, p. 9-38, 2011.

LEONTIEV, A. **Actividad, conciencia e personalidad**. Havana: Editorial Pueblo y Educación. 1983.

LIBÂNEO, J. C. **A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov**. **Rev. Bras. Educ.** [Online]. n. 27, p.5-24, 2004. ISSN 1809-449X. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782004000300002>.

LIBÂNEO, J. C. Políticas educacionais no Brasil: desfiguramento da escola e do conhecimento escolar. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v.46, n. 159, p.38-62, 2016.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. Vasily Vasilvevich Davydov: A escola e a formação do pensamento teórico-científico. *In*: LONGAREZI, A. M.; PUENTES, R. V. (Org.). **Ensino Desenvolvimental: vida, pensamento e obra dos principais representantes russos**. Uberlândia: Edufu, 3 ed., 2017, p. 315-354.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. Didática desenvolvimental e políticas para a escola no Brasil. **Linhas Críticas** [Online], v. 24, p. 367-387, 2018.

LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. Mariane Hedegaard's Contribution to Developmental Didactics and to Pedagogical Research in the Brazilian Context. *In*: EDWARDS, A.; FLEER, M.; BOTTCHEER, L. (Ed.). **Cultural-Historical Approaches to Studying Learning and Development**. Singapore: Springer, 2019. p. 323-337.

LOMPSCHER, J. Learning activity and its formation: ascending from the abstract to the concret. *In*: HEDEGAARD, M.; LOMPSCHER, J. (Ed). **Learning activity and development**. Aarhus (Dinamarca): Aarhus University Press. 1999.

LUNKES, M. J.; ROCHA FILHO, J. B. A baixa procura pela licenciatura em física, com base em depoimentos de estudantes do oeste catarinense. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 21-34, 2011.

MAIA, P. F; JUSTI, R. Desenvolvimento de habilidades no ensino de ciências e o processo de avaliação: análise da coerência. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 3, p. 431-450, 2008.

MARCOM, G. S.; KLEINKE, M. U. Análises dos distratores das questões de Física em Exames de Larga Escala. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 72-91, 2016.

MARENGÃO, L. A. **O ensino de física no ensino médio**: descrevendo um experimento didático na perspectiva histórico-cultural. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação)-Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 2011.

MARTINS, L. M. As aparências enganam: divergências entre o materialismo histórico dialético e as abordagens qualitativas de pesquisa. **Reunião anual da ANPED**, v. 29, p. 1-17, 2006.

MENEGÃO, R. C. S. G. Os impactos da avaliação em larga escala nos currículos escolares. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, RS (Brasil), v. 11, n. 3, p. 641-656, 2016.

MENEGOTTO, J. C.; ROCHA FILHO, J. B. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 298-312, 2008.

MONTEIRO, M. A. A. *et al.* As atividades de uma demonstração e a teoria de Vigotski: um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 371-384, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n2p371>

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, mar., 2000.

MOURA, M. O.; ARAÚJO, E. S.; MORETTI, V. D.; PANOSSIAN, M. L.; RIBEIRO, F. D. Atividade orientadora de ensino: unidade entre ensino e aprendizagem. **Rev. Diálogo Educ.**, Curitiba, v. 10, n. 29, p. 205-229, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/rde.v10i29.3094>

MOURA, M. O.; SFORNI, M. S. F.; ARAUJO, E. S. Objetivação e apropriação de conhecimentos na atividade orientadora de ensino. **Teoria e Prática da Educação**, Maringá, v. 14, n. 1, p. 39-50, jan/abr. 2011.

NÉBIAS, C. Formação dos conceitos científicos e práticas pedagógicas. **Interface-Comunicação, Saúde, Educação**, São Paulo, v. 3, p. 133-140, 1999.

OLIVEIRA, M. K. de. **Vygotsky**: Aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico. 4 ed. São Paulo: Scipione, 1997.

OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 32, n. 1, p. 180, 9 abr. 2015.

PACHECO, J. A.; MARQUES, M. Governamentalidade curricular: ação dos professores em contextos de avaliação externa. *In*: OLIVEIRA, M. R. (Org.). **Professor**: formação, saberes e problemas. Porto: Porto Editora, 2014, p. 105-136.

PÁDUA, A. B.; PÁDUA, C. G.; SILVA, J. L. C. **A história da termodinâmica clássica**: uma ciência fundamental. Londrina: Eduel, 2009, 134 p.

PANDINI, R. M. P. Uma análise sobre a depressão na adolescência. **Inova Saúde**, Criciúma, v. 9, n. 1, p. 129-141, 2019.

PASSOS, J. C. Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 3603.1-3603.8, 2009.

PEREIRA, M. M.; ABIB, M. L. V. DOS S. Memória, cognição e afetividade: um estudo acerca de processos de retomada em aulas de Física do Ensino Médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, [Online], v. 22, n. 4, p. 855-873, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320160040003>.

PEREIRA, M. V. *et al.* Demonstrações experimentais de Física em formato audiovisual produzidas por alunos do ensino médio. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 28, n. 3, p. 676-692, 2011.

PERES, T. C.; FREITAS, R. A. M. M. Ensino Desenvolvimental: uma alternativa para a educação matemática. **Poiésis**, Tubarão, SC, v. 8, 2014.

PINO, A. **As marcas do humano**: as origens da constituição cultural da criança na perspectiva de Lev S. Vygotsky. São Paulo: Cortez, 2005, 301p.

PRESTES, Z.; TUNES, E.; NASCIMENTO, R. Lev Semionovitch Vigotski: um estudo da vida e da obra do criador da psicologia histórico-cultural. *In*: LONGAREZI, A. M.; PUENTES, R. V. (Org.). (Org.). **Ensino Desenvolvimental**: vida, pensamento e obra dos

principais representantes russos. Uberlândia: Edufu, 3 ed., 2017, p. 45-66.

PUREZA, O. Q.; MAGALHÃES, L. M. F. Contribuições da teoria sócio-histórica para o ensino e a aprendizagem em física de estudantes da primeira série do ensino. **AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, PA, v. 4, n. 8, p. 11–19, 2008.

QUEROL, M. A. P.; CASSANDRE, M. P.; BULGACOV, Y. L. M. Teoria da Atividade: contribuições conceituais e metodológicas para o estudo da aprendizagem organizacional. **Gestão & Produção**, [Online], v. 21, n. 2, p. 405-416, 2014.

REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico cultural da educação. Petrópolis-R.J., Vozes, 1995.

REIS, U. V.; REIS, J. C. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 744-778, 2016.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. **Física**. Tradução Pedro Manuel calas Lopes Pacheco... [et al.]. 5.ed.- Rio de Janeiro: LTC, 2007.

ROSA, C. W. DA; ALVES FILHO, J. DE P. Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as atividades experimentais em física. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 1, p. 61–81, mar. 2014.

ROSA, C.W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 58/2, 2012.

SANTOS, C. A. B.; CURTI, E. A formação dos professores que ensinam física no ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 4, p. 837–849, 2012.

SANTOS, F. A; VILALVA, D. M.; FERREIRA, F.S. As implicações das avaliações de Larga escala sobre a escola e o trabalho pedagógico In: LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. M. (Org.). **Políticas educacionais neoliberais e escola pública**: uma qualidade restrita de educação escolar. [livro eletrônico]. 1ª ed. Goiânia: Editora Espaço Acadêmico, 2018. 364 p. ; Epub (p.298).

SCARABELOTE, D. M. **Calor**: da evolução epistemológica à evolução pedagógica. 2013. Monografia. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá, SC, 2013. Disponível em: www.repositorio.ifsc.edu.br. Acesso em 5 set. 2019.

SCHURMANN, P. F. **Luz y calor**: historia y filosofia de la Ciencia. Espasa – Calpe Argentina S. A., Buenos Aires. 1946.

SENA DOS ANJOS, A. J.; MOREIRA, M. A.; SAHELICES, M. C. C. A matemática nos processos de ensino e aprendizagem em Física: funções e equações no estudo da quantidade de movimento e sua conservação. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 34, n. 3, p. 673-696, 8 dez. 2017.

SERWAY, R. A.; JEWET JR., J. W. **Princípios de Física**. Tradução: EZ2 Translate; revisão técnica Sérgio Roberto Lopes. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SFORNI, M. D. F. Aprendizagem e desenvolvimento: o papel da mediação. *In*: CAPELLINI, V. L. F.; MANZONI, R. (Org.). **Políticas públicas, práticas pedagógicas e ensino-aprendizagem: diferentes olhares sobre o processo educacional**. 1ª ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008.

SIAS, D. B. **A aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na física térmica do ensino médio**. 2006. 99fl. Dissertação (Pós-Graduação em Ensino de Física - MPEF), Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000522535&loc=2006&l=61225df0963e1f4d>. Acesso em: 22 abr. 2020. Material de apoio disponível em: <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/>.

SILVA, A. P. B.; FORATO, T. C. M.; GOMES, J. L. A. M. C. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 30, n. 3, p. 492-537, 2013.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 383–396, 2008.

SILVEIRA, W. P.; SILVA, A. P.; SILVA, L. F. Considerações sobre propostas experimentais de baixo custo em mecânica apresentadas em revistas da área de ensino. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 131-150, 2016.

SOUSA, M. A. S.; SILVA, B. V. C. Calor, temperatura, poções e magias: O uso do RPG como ferramenta avaliativa em aulas de física no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.9, n.º. 1, 2014.

SOUZA, V. A.; JUSTI, R. S. Interlocuções possíveis entre linguagem e apropriação de conceitos científicos na perspectiva de uma estratégia de modelagem para o calor envolvido nas transformações químicas. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 31-46, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130203>

STRIQUER, M. S. D. O método de análise de textos desenvolvido pelo Interacionismo Sociodiscursivo. **Eutomia**, Recife, v. 1, n. 14, p. 313-334, 2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**, volume 1: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Tradução e revisão técnica Paulo Machado Mors- Rio de Janeiro: LTC, 2009. Tradução de: *Physics for scientists and engineers: with modern physics*, 6th ed.

VANIN, J. A., **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro**. 2. ed., São Paulo: Moderna, 2005.

VEIT, E.; ARAUJO, I.; BRANDÃO, R. **Modelos Científicos e Fenômenos Físicos**. UAB. [201?]. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/mcff/MCFF/Aula1_texto_MCFF.pdf

VIZZOTTO, P. A.; MACKEDANZ, L. F.; MIRANDA, A. C. D. Física aplicada ao trânsito: uma revisão de literatura. **Revista Thema**, Pelotas, RS, v.14, n. 1, p.137-163, 2017.

VIGOTSKI, L. **Pensamiento y habla**. Tradução de Alejandro Ariel González. Buenos Aires: Colihue, 2007.

VYGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. Tradução: José Cipolla Neto, Luis Silveira Menna Barreto e Solange Castro Afeche. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jeferson Luiz Camargo. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

YOUNG, H. D. **Física II: Termodinâmica e Ondas** / Young e Freedman; [colaborador A. Lewis Ford]; tradução Claudia Santana Martins; revisão técnica Adir Moisés Luiz. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008. Título original: Searand Zemansky's Universityphysics.

ZANELLA, A. V. Zona de desenvolvimento proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas. **Temas em psicologia**, Ribeirão Preto, SP, v. 2, n. 2, p. 97-110, 1994.

ZUCKERMAN, G. A. Developmental Education - A Genetic Modeling Experiment. **Journal of Russian and East European Psychology**, v.49, n. 6, p. 45-63, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário Socioeconômico dos estudantes

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

QUESTIONÁRIO

Título da pesquisa: FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD

Entrevistadora: Doutoranda Carmes Ana da Rosa Batistella

Nome fictício (escolha pelo próprio aluno): _____

1. Qual é a sua idade? _____

Você mora na cidade de Anápolis?

Sim Não

Caso não, onde você mora? _____

Você vive com a sua família?

Sim Não

Caso não, com quem você vive? _____

Qual a formação de seu pai?

Pós-graduação Superior Ensino Médio Ensino Fundamental Outro 7. Qual a formação de sua mãe?

Pós-graduação Superior Ensino Médio Ensino Fundamental Outro

Qual a profissão do seu pai? (se não há profissão informe se ele realiza algum trabalho remunerado e qual). _____

Qual a profissão da sua mãe? (se não há profissão, informe se ela realiza algum trabalho remunerado e qual). _____

Qual a renda de sua família (em salários mínimos)?

Considere que o valor atual do salário mínimo é 998,00 reais.

Menos de 1 De 1 a 2 De 2 a 5 Mais de 5

Você exerce trabalho remunerado?

Sim Não

Caso sim, informe em que atividade, quantas vezes por semana e qual a remuneração. 1 dia/sem 2 dias/sem 3 dias/sem 4 ou mais dias/sem

Remuneração: _____

Você exerce trabalho não remunerado (é responsável por tarefas domésticas, cuidado de irmãos ou pessoas mais velhas, trabalha com pai, mãe ou outros parentes etc.).

Qual(is) disciplina(s) você considera que tem facilidade em aprender? Por quê?

Qual(is) disciplina(s) você considera que tem dificuldade em aprender? Por quê?

Qual (is) disciplina(s) não gosta? Por quê? _____

Quantas horas por semana, aproximadamente, você se dedica aos estudos, excetuando as horas em que está na aula?

Nenhuma Uma a duas Três a cinco Seis a oito Mais de oito

Você tem alguma crença religiosa?

Sim Não

Caso sim, qual? _____

Você realiza atividades de lazer?

Sim Não

Caso sim, qual ou quais? _____

Você participa de algum grupo social (grupos de jovens, escoteiros, grupo da igreja, alguma associação, alguma comunidade etc.)?

Sim Não

Caso sim, qual(is)? _____

Você tem aparelho celular?

Sim Não

Caso responda sim, quais as coisas principais para as quais você utiliza o celular.

Você tem internet em casa?

Sim Não

Com que frequência você utiliza internet?

Caso sim, qual(is) a(s) rede(s) que utiliza? _____

APÊNDICE B – Roteiro de entrevista semiestruturada com o professor

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM O PROFESSOR

Título da pesquisa: FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD

Autor da pesquisa: Doutoranda Carmes Ana da Rosa Batistella

Nome fictício (escolhido pelo professor) _____

Formação:

Graduação: _____

Pós-graduação lato sensu: _____

Pós-graduação stricto sensu: _____

Tempo (em anos) de atuação no magistério no ensino de Física: _____

Tempo (em anos) de atuação no magistério no ensino (geral): _____

Tipo de vínculo nesta Instituição de ensino: _____

Carga horária diária: _____

Carga horária semanal: _____

QUESTÕES:

Tema I – Concepção (referencial teórico) de formação e de prática

1. Qual a concepção pedagógica que predomina na sua formação atual? E na sua prática pedagógica?
2. O que é ser um bom professor (a) de Física para você?
3. O que seria, em sua visão, uma boa aprendizagem do aluno?
4. O que considera como o melhor método de ensinar?
5. E Como você ensina? Utiliza esse método? Por quê?
6. Quais os maiores problemas enfrentados na rotina da sala de aula?
7. Como busca superar os desafios enfrentados em sala de aula?
8. Qual a relação dos alunos com a disciplina, os conteúdos e conhecimentos de Física?
9. Qual sua análise sobre a aprendizagem de Física pelos alunos nas aulas dessa disciplina? (há interesse, há dificuldades, há outros tipos de problema, há sucesso na aprendizagem, outros). Por quê?
10. O que considera que precisa mudar no ensino para o aluno aprender efetivamente? (para que o aluno se desenvolva, para que adquira autonomia intelectual, para que os conhecimentos se tornem “ferramentas” de pensamento, etc.).

Tema II – Condições para o exercício do magistério

- 11.O que tem a dizer sobre as condições físicas e materiais da escola para o ensino de Física?
- 12.E sobre as condições para o trabalho do professor? (formação do professor, equipamentos, materiais didáticos, estrutura física, biblioteca, etc.).
- 13.O que pensa sobre a importância social do professor e as condições de valorização da carreira profissional?
- 14.Como as práticas institucionais (padrões escolares, normas e regulamentações, quantitativo de alunos por sala, material didático específico, dentre outros) interferem em seu exercício profissional? (Aqui atentar para a importância das práticas institucionais).
- 15.Ao ensinar você considera os motivos principais dos estudantes para que sintam-se instigados a aprender? Como faz isso durante uma aula? (Aqui atentar para os motivos dominantes dos alunos).
- 16.Você conhece o contexto sociocultural de seus estudantes e os considera ao planejar suas aulas? (Aqui atentar para as práticas de vida em contextos locais dos estudantes e como tal aspecto influencia no desenvolvimento dos alunos).

APÊNDICE C – Roteiro de entrevista semiestruturada com os estudantes

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM AS (OS) ALUNOS

Título da pesquisa: FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD

Autora da pesquisa: Doutoranda Carmes Ana da Rosa Batistella

Nome fictício (o mesmo definido pelo aluno para o questionário): _____

QUESTÕES:

Tema I: Contexto Sociocultural

Poderia falar sobre você e sua família? Qual sua relação com a família? Como considera o apoio e incentivo que recebe da família para estudar? (Percepção das condições motivacionais familiares para o estudo, a aprendizagem, a relação com a escola).

O que considera importante a uma pessoa para a vida em sociedade? De onde acha que vem essa sua compreensão? (explorar se dá importância à aprendizagem escolar na formação de sua visão da vida, da sociedade etc.)

Fale sobre suas expectativas futuras de vida (percepção de motivos que podem estar impulsionando o estudo, como trabalho, emprego, vida familiar, carreira profissional etc.)?

Atualmente, o que você faz que considera como a atividade principal em sua vida? (Aqui perceber o motivo dominante: estudo, trabalho, concilia os dois, outros).

O que considera que mais motiva você estudar? Por quê?

O que considera que mais motiva você trabalhar? Por quê? (só para alunos que no questionário responderam que trabalham)

Você costuma ler com frequência?

Por que?

Se sim, quanto tempo semanal se dedica à leitura?

O que mais gosta de ler?

Qual a atividade que mais gosta de fazer em seu dia-a-dia?

Quais as atividades que mais gosta de fazer nos feriados estendidos e períodos de férias?

Tema II: Relações com a escola e o conhecimento (disciplina de Física)

O que você pensa sobre a educação que recebe na escola e a relação com seu desenvolvimento? Como essa educação está influenciando em sua vida?

Qual é sua dedicação aos estudos? O que mais motiva você a aprender um conhecimento na escola? E o que mais dificulta a você aprender?

Como você considera ser a sua aprendizagem em Física?

Você gosta de estudar Física? Por quê?

Que relação você identifica entre os conhecimentos da disciplina Física e a vida das pessoas na sociedade, a sua vida, seu cotidiano?

Você considera que aprende bem conteúdos de Física explicados durante as aulas? Por quê?

O que tem a dizer sobre o modo como os professores ensinam Física? E como você considera que deveria ser o ensino de Física?

Qual o método utilizado por você para aprender um conteúdo de Física? Como desenvolveu esse modo de aprender?

O que pensa sobre as condições existentes em sua escola para que o aluno aprenda bem a Física (professor, material didático, biblioteca, laboratório de Física, laboratório de informática, internet, outros)?

As condições em que você estuda em casa são boas? Em sua casa possui acesso a livros, internet, revistas, outros? (Aqui também atentar para as práticas institucionais e as situações de aprendizagem).

APÊNDICE D – Roteiro de observação direta não participante das aulas de física

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO DIRETA DAS AULAS DE FÍSICA

Título da pesquisa: FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD

Autora da pesquisa: Doutoranda Carmes Ana da Rosa Batistella

Contexto da sala de aula:

1. Relacionamento entre os estudantes

Valores: respeito, ética, solidariedade, bullying, preconceito, alunos líderes, estudantes excluídos, grupos formados por afinidade, etc.

2. Interação entre estudantes e professor (a): Boa relação, conflitos, dificuldades, etc.

3. Comportamento disciplinar dos estudantes

Cumprimento de regras, horários, atendem orientações do professor, tom de voz, organização do espaço, cuidado com mobiliário da sala, materiais, higiene etc.

4. Intervenção dos estudantes nas aulas

Participação ativa, comunicação, perguntas;
Motivo em relação ao objeto de estudo;
Temas ou problemas pelos quais se interessam;
Sobre o que falam, o que conversam na aula;
Experiências socioculturais que expressam no dia a dia.

5. Ações de ensino do professor:

5.1. Interação com os estudantes

Questões para os estudantes, perguntas, capacidade de diálogo, atenção aos alunos, estímulo à participação, associação do tema com exemplos, etc.

5.2. Execução do plano de ensino preparado Observação dos planos.

5.3. Liderança do professor (a) para obter a atenção dos estudantes

Autoridade
Controle das ações dos alunos, manter o ambiente em clima de estudo.

5.4. Domínio do conteúdo ensinado

Formas de considerar a experiência sociocultural dos alunos;
Consideração do conhecimento cotidiano dos alunos (duplo movimento);
Avaliação da aprendizagem (formas, quando, etc.); - Rotina das aulas (desde o início ao término) – padrão.

6. Ações de aprendizagem dos alunos:

Envolvimento e participação dos estudantes nas tarefas propostas pelo professor e demais atividades das aulas.

Capacidade dos estudantes para trabalhar coletivamente.

Interesse dos estudantes pelo conteúdo em estudo – motivos / necessidades / desejos.

APÊNDICE E – Tarefa diagnóstica

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

Instrumento de Coleta de dados - Tarefa diagnóstica

Título da pesquisa: FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD

Autora da pesquisa: Doutoranda Carmes Ana da Rosa Batistella

Estudante: _____

Data: ____/____/____

Conceito: Calor

A) questões para serem resolvidas individualmente.

1. Os amigos (Marcelo, Pedro, Ana, Laura e Rute) decidiram organizar um acampamento para estadia de três dias em um parque ecológico, com espaço dedicado a *Camping*. Todos colaboraram para não faltar o material necessário para ficarem instalados adequadamente.

Funções atribuída a cada um dos participantes:

- Marcelo e Rute: barracas, colchonetes e roupas de cama; - Ana: mercado – alimentos, material de higiene.

- Laura: utensílios de cozinha – panelas, bacias, talheres, louças diversas, entre outros.

- Pedro; bebidas

a) Laura deveria levar utensílios adequados ao uso. Dispunha de panelas e de talheres que variavam de acordo com o seu cabo, podendo ser de inox, de alumínio e de madeira. Decidiu escolher aqueles de cabo de madeira. Você faria a mesma escolha? Porquê?

b) Pedro armazenou as bebidas em caixa de isopor justificando que o procedimento realizado deixariam as bebidas “frescas” por um tempo maior e, explicou que o isopor dificulta a saída do frio assim como a entrada do calor no interior da caixa. Você considera essa justificativa consistente com os conhecimentos escolares sobre Calor? Por quê?

c) As bebidas foram posicionadas na caixa sob cubos de gelo, porque Pedro também observou que as pessoas agem dessa forma. No seu entendimento Pedro está fundamentando sua atitude em conceitos da Física. Por quê?

d) Rute providenciou cobertores para levar ao acampamento, relatando a seus companheiros que sentiu muito frio quando participou de situação semelhante em que esqueceu de levar esse agasalho. Ao ser questionada sobre essa atitude, justificou que o cobertor não deixa o

calor sair do seu corpo o que lhe proporciona dormir melhor e deixar o frio do lado de fora da barraca. Comente essa explicação, justificando-a.

2. Em Anápolis, alguns estudantes desenvolveram o hábito de reunirem-se aos sábados, por volta das 16 horas em uma confeitaria para lanchar e ao mesmo tempo conversar assuntos gerais. Um deles, curioso e atento aos movimentos que ocorrem nesse ambiente, percebeu que havia sobre o balcão uma garrafa térmica contendo café quente e outra garrafa contendo leite gelado. Chamou à atenção de seus colegas.

- a) Observem as garrafas térmicas expostas, será que elas têm a função de dificultar tanto a saída do calor como também a saída do frio do líquido armazenado?

- b) Entre as escolhas dos estudantes, alguns preferem café com leite. Ao misturar os líquidos, há transferência de calor do café para o leite.

- c) Responda: Ao beber o café com leite um dos estudantes não observou que imediatamente antes da mistura ser efetivada os líquidos se encontravam em temperaturas diferentes. Nessas condições é possível afirmar corretamente qual dos dois líquidos cedeu calor? Por quê?

3. Em uma escola, os alunos do 9º ano aprenderam nas aulas de Física os conceitos Temperatura e Calor e durante esse período se mostraram atentos em relação a objetos presentes na sala de aula. Certo dia, durante o intervalo entre duas aulas, enquanto aguardavam o professor, o aluno chamado Marcos dirigiu-se até a porta e colocou uma de suas mãos na maçaneta metálica e a outra na porta de madeira mencionando que deveria haver algum engano pois essas duas matérias mostravam claramente que suas temperaturas diferiam, por isso sentia calor na madeira e frio no metal.

Você, assim como o Marcos entendeu dessa maneira esse fenômeno. Justifique sua resposta e se houver necessidade escreva a resposta que você pensa ser a mais adequada.

B) Grupo focal.

Características

- Moderador: professor da turma;
- Disposição dos alunos: formação de um grande círculo;
- Guia norteador do processo de diálogo visando a explicitação de conhecimentos dos alunos sobre Calor, servindo como esquema norteador.

O professor propõe questões ao grupo e conduz a discussão de modo a proporcionar participação de todos.

a) O que me podem dizer sobre a seguinte afirmação? “Hoje está fazendo muito calor,

a temperatura está próxima de 40° C”.

b) Onde está o calor?

c) Em sua casa há calor?

d) Podemos afirmar que alguém sente calor? Por quê?

e) Quem precisa de calor? Por quê?

Na sequência, mobilizar aos alunos para que pensem se há contradição entre os conhecimentos expressos por eles na discussão dessas questões, a fim de despertar neles o início de um processo de busca e investigação, perguntando:

E se eu disser que tudo isso que vocês comentaram não diz respeito a Calor!

APÊNDICE F – Plano de ensino desenvolvimental do conceito Calor

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

PLANO DE ENSINO

Nível de ensino: Ensino Médio (2º ano)

Disciplina: Física

Número de aulas:

Objeto de estudo: Calor

Objetivo Geral: Formar o conceito teórico Calor

Objetivos específicos:

1. Apropriar-se do conceito Calor como fenômeno físico da natureza que envolve relações entre energia e a variação do movimento das partículas de um dado sistema;
2. Identificar a relevância dessa forma de energia e sua relação com a sobrevivência dos seres vivos;
3. Utilizar com autonomia o conceito calor, na solução de problemas ou situações cotidianas em que a energia se manifesta sob a forma de calor;
4. Analisar experiências dentro de suas práticas socioculturais atribuindo a elas novo significado a partir do conceito Calor.

Metodologia

Inicialmente o professor solicitará aos estudantes a resolução, individual, de algumas questões (ANEXO 8) referente ao conceito Calor e, a seguir, procederá a realização do “grupo focal”, objetivando diagnosticar os conhecimentos que os alunos possuem sobre o tema.

Prosseguindo, serão realizadas 08 tarefas particulares, que são distintas, porém integradas, cujo objetivo é promover a apropriação do conceito Calor. As tarefas correspondem à estrutura da atividade de estudo proposta Davydov e possuem caráter investigativo, prático e teórico, a fim de que o aluno realize ações de forma ativa, crítica e criativa, para chegar à formação do conceito.

As tarefas serão realizadas coletivamente, com interação e trabalho cooperativo entre alunos. Para tanto o professor organizará os alunos em cada tarefa conforme os objetivos desta e a melhor forma de trabalho coletivo.

Diagnóstico: Explorando os conhecimentos dos alunos sobre Calor

Desenvolvimento da tarefa: por meio de resolução de questões referentes ao conceito Calor e de “grupo focal”.

A) Resolução de questões de forma individual objetivando identificar o que os alunos sabem sobre o conceito Calor. (ANEXO 08)

B) Grupo focal.

Características

- Moderador: professor da turma;
- Disposição dos alunos: formação de um grande círculo;
- Guia norteador do processo de diálogo visando a explicitação de conhecimentos

dos alunos sobre Calor, servindo como esquema norteador.

O professor propõe questões ao grupo e conduz a discussão (diálogo) de modo a proporcionar participação de todos.

a) O que vocês podem dizer sobre a seguinte afirmação? “Hoje está fazendo muito calor, a temperatura está próxima de 40°C ”.

b) Onde está o calor?

c) Em sua casa há calor?

d) Podemos afirmar que alguém sente calor? Por quê?

e) Quem precisa de calor? Por quê?

Na sequência, mobilizar aos alunos para que pensem se há contradição entre os conhecimentos expressos por eles na discussão dessas questões, a fim de despertar neles o início de um processo de busca e investigação, perguntando:

E se eu disser que tudo isso que vocês comentaram não diz respeito a Calor!

AÇÕES DE ESTUDO NA PERSPECTIVA DE DAVYDOV:

1ª AÇÃO DE ESTUDO: Identificação da relação geral do conceito calor:

Relação geral do conceito calor: “mecanismo pelo qual a energia é transferida entre um sistema e seu ambiente em função de uma diferença de temperatura entre eles. É também a quantidade de energia transferida por esse mecanismo”. Serway (2014, p. 160)

Palavras chaves: movimento – energia - temperatura

Tarefa 01: Análise e resolução de um problema envolvendo o conceito de calor.

Desenvolvimento da tarefa: trabalho em grupos de 4 a 5 alunos para análise e elaboração de hipóteses a partir de problema, de vídeo e de representação teatral do problema.

O professor apresenta um problema que só poderá ser resolvido após os alunos realizarem operações mentais e práticas, desvelando a relação geral e universal do conceito calor.

PROBLEMA: Um produtor rural do município de Anápolis/Goiás resolveu investir na criação de galinha caipira. Inicialmente adquiriu 30 galinhas e 3 galos deixando-as soltas no entorno de sua moradia. As galinhas já estavam botando ovos e logo algumas entraram em processo de reprodução, fazendo seus ninhos em lugares diversos espalhados pela Fazenda. O proprietário localizou os ninhos e acompanhou o processo contando os dias para receber os pintinhos e as galinhas em espaço cercado para proteção bem como para cuidados com a presença constante de água e alimentos para ambos. Porém, nem todos os ovos se transformaram em pintinhos. Em alguns ninhos, todos os ovos descascaram e a galinha ciscava em volta com seus filhotes, porém alguns ninhos continham ovos chocados abandonados, em dois outros, todos os ovos foram abandonados e inclusive em um deles o número de ovos havia aumentado.

Tarefa 02: Assistir e analisar o vídeo “Galinhas chocando, nascimento de pintinhos...” (ANEXO 01)

Condições:

- Assistir com atenção, identificando e anotando aspectos que julgarem importantes.
- Relacionar o conteúdo do vídeo com o problema exposto pelo produtor rural com a criação de galinhas.
- Elaborar e registrar a síntese das relações percebidas.

Tarefa 03: Representação teatral do processo da galinha chocando os ovos

O professor solicita aos alunos que representem uma galinha chocando seus ovos, incluindo os problemas apresentados pelo produtor rural.

O professor sugere que 4 ou 5 alunos se juntem para representar a galinha, se posicionando em pé e abraçados no centro da sala. Aos demais alunos pede que representem os ovos fecundados ficando de cócoras em embaixo da galinha. Na sequência os alunos tomam decisões e realizam o experimento. O chão pode ser forrado com papel jornal ou um tapete simulando o ninho.

Na sequência, o professor pede aos alunos que analisem a situação, correlacionem com o problema do produtor rural e formulem hipóteses.

O professor instiga o pensamento dos alunos com a seguinte questão: **Se estivesse no lugar do produtor, o que você faria para que o problema não se repetisse? Por quê?**

Tarefa 04: Estudo do texto sobre a natureza do Calor. (ANEXO 02) -

- Leitura individual do texto seguida de discussão em grupo.
- Retomada do problema para discussão do fenômeno que provocou consequências nos ovos (positivas e negativas).
- Formulação da explicação teórica do problema e conclusão sobre a relação geral e universal do conceito calor.

2ª AÇÃO: Criação do modelo representativo da relação geral do conceito calor em forma escrita utilizando desenhos ou esquemas gráficos (ANEXO 03).

Tarefa 05: Elaboração do modelo

- Cada grupo formula o modelo representativo da relação geral e universal do calor utilizando esquemas ou desenhos.
- Os grupos apresentam e explicam o seu modelo, o qual deve ser discutido pelos demais sendo sugeridas correções e alterações, se necessário.
- Ao fim da tarefa o coletivo de alunos deve chegar a um modelo único que representa corretamente a relação geral.

3ª AÇÃO: Transformação do modelo para estudar de forma aprofundada suas propriedades.

Tarefa 06: Pesquisa sobre condições climáticas da Antártica

No final da aula anterior o professor solicita aos alunos que realizem como atividade extra-classe uma pesquisa sobre “Condições climáticas da Antártica” destacando, principalmente, variações de temperatura durante o ano. Os alunos devem elaborar um relatório escrito contendo:

1. Dados de Identificação: nome, curso, disciplina, turma, data, título do trabalho.
2. Referências consultadas: (duas referências são sugeridas pelo professor e outras duas são de livre escolha).

2.1 ANDRADE, A. M., POELKING, E. L., SCHAEFER, C., FERNANDES FILHO, E. I., JUSTINO, F. B. Mudanças climáticas regionais e seus reflexos nas variações da frente da geleira Polar Club, península Potter, Ilha Rei George, entre 1986 e 2009. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, v. 15, p. 5624-5631, 2011.

2.2. MARCUZZO, F. F. N., CARDOSO, M. R. D., FARIA, T. G. Chuvas no cerrado da região centro-oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. 2012.

2.3. Livre escolha

2.4 Livre escolha.

3. Socialização dos relatórios nos grupos.

Tarefa 07: Assistir e analisar o Vídeo “*Marcha dos Pinguins*” (ANEXO 04)

- Assistir atentamente o vídeo e a seguir realizar o experimento mental:

Experimento mental: colocar, imaginativamente, a galinha para chocar seus ovos na Antártica. Analisar o que acontecerá.

Os alunos devem identificar a contradição presente no experimento entre as condições de temperatura e a possibilidade de troca de energia.

Extrair conclusões correlacionadas à relação geral do conceito Calor.

4ª AÇÃO: Resolver tarefas particulares utilizando o conceito Calor como procedimento mental

Tarefa 08: Resolver os problemas presentes nas questões.

1. Leitura do Texto: 10 dicas para enfrentar o calor (ANEXO 05)

Ler o texto e analisar a validade das afirmações. Propor a forma correta de expressar o fenômeno em questão.

2. Assistir e analisar o vídeo: telejornal e a previsão do tempo. (ANEXO 06)

Identificar se há problema conceitual e simular a apresentação da notícia de forma correta.

3. Friccionar as mãos por alguns segundos e, em seguida tocar sua face. Observar o que ocorre e explicar utilizando o conceito calor.

4. Ler o texto e explicar por que as tartarugas fazem seus ninhos na areia sob radiação solar intensa. (ANEXO 07)

5. A pesquisadora Talitta, antes de viajar de Gurupi-TO para Goiania-GO, distantes aproximadamente 650 km, usou o ferro elétrico para passar uma blusa e não retirou o plug da tomada, isto é deixou o ferro elétrico ligado, próximo a sua cama. A casa ficaria fechada por aproximadamente 32 horas. Quais as consequências dessa atitude. O que deveria ser feito para resolver esse problema?

5ª AÇÃO: Monitoramento da realização das ações anteriores.

Esta ação está presente em todos os momentos da realização da atividade de estudo e consiste no monitoramento realizado tanto pelo professor como pelos próprios alunos, de modo individual e coletivamente, apontando se estão entendendo a tarefa, e por que não estão, discutindo o que fazer e buscando meios para que todos acompanhem ativamente o desenvolvimento das tarefas.

Sempre que um ou mais alunos não compreenderem, o professor deve retomar a ação ou tarefa até que eles compreendam.

6ª AÇÃO: Avaliação da assimilação do procedimento geral como resultado da solução da tarefa de aprendizagem dada

- O professor avaliará o desempenho dos estudantes durante todas as ações e tarefas, intervindo sempre que necessário para assegurar que realizem o movimento de pensamento proposto.
- O professor solicitará a resolução de problemas/questões utilizando como ferramenta de pensamento o conceito calor. (ANEXO 08)

Espera-se que todos os alunos resolvam as questões utilizando o conceito calor formulado durante a atividade de estudo.

- O professor analisará se houve aprendizagem do conceito teórico calor, a partir de anotações das expressões escritas e/ou orais dos alunos;
- Em todas as ações, o professor observará e registrará a participação dos alunos nas tarefas, com comentários sobre seu desempenho e necessidades de mais intervenção para ajudar na aprendizagem.

ANEXOS

01. VÍDEO *Galinhas chocando, pintinhos nascendo...* Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=298szOrsz4Q&t=13s>, acesso em 20/03/2019

02. TEXTO *A Natureza do calor* –

03. SUGESTÕES da relação universal do objeto

04. VÍDEO *A marcha dos pinguins*. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=s2IbWkcXKno&t=282s>, acesso em 20/03/2019
05. TEXTO *DEZ dicas para evitar o calor*
06. VÍDEO *telejornal e a previsão do tempo*. Disponível em:
https://www.youtube.com/watch?v=ZePlsNf4P_Q, acesso em 20/03/2019
07. Artigo “PROJETO TARTARUGA MARINHA: áreas de desova, época de reprodução, técnicas de preservação”. Disponível: https://www.tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/1980-89/1987_Projeto_Tartaruga_Marinha_areas_de_desova.pdf. Acesso em 20/03/201
08. Questões diagnóstico.

APÊNDICE G – Tarefas de aprendizagem da 1ª ação

Problema de aprendizagem

Um produtor rural do município de Anápolis/Goiás resolveu investir na criação de galinha caipira. Inicialmente adquiriu 30 galinhas e 3 galos deixando-as soltas no em torno de sua moradia. As galinhas já estavam botando ovos e logo algumas entraram em processo de reprodução, fazendo seus ninhos em lugares diversos espalhados pela Fazenda. O proprietário localizou os ninhos e acompanhou o processo contando os dias para receber os pintinhos e as galinhas em espaço cercado para proteção bem como para cuidados com a presença constante de água e alimentos para ambos. Porém, nem todos os ovos se transformaram em pintinhos. Em alguns ninhos, todos os ovos descascaram e a galinha ciscava em volta com seus filhotes, em alguns ninhos continham ovos chocados abandonados, em dois outros, todos os ovos foram abandonados e inclusive em um deles o número de ovos havia aumentado.

Tarefa 02: Assistir e analisar o vídeo “*Galinhas chocando, nascimento de pintinhos...*” disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=298szOrsz4Q&t=13s>

Tarefa 03: Leitura do texto:

Natureza do Calor

Carmes Ana da Rosa Batistella

Doutoranda em educação pela PUC Goiás.

Texto elaborado a partir do estudo logico-histórico

Há muito que o calor, enquanto fenômeno físico, é objeto de estudo. São muitas as teorias que tentam explicar a construção e funcionamento do calor, as quais foram surgindo e sendo aprimoradas ao longo do tempo, na mesma medida da crescente necessidade humana de utilizá-lo em benefício próprio e da coletividade.

As primeiras descobertas sobre o calor remontam à época dos primatas, quando se passou a ter noção sobre a utilização do fogo enquanto fonte de luz e calor.

Todavia, o calor, enquanto ciência, começou a ser estudado pelos filósofos da antiguidade, que o viam como elemento associado ao fogo. Aristóteles, neste contexto, provavelmente influenciado pela doutrina de Empédocles de Agrigento, adotou a teoria de que o fogo, o ar, a terra e a água eram os quatro elementos capazes de formar todas as coisas existentes.

Em seguida, os alquimistas, conhecedores de técnicas metalúrgicas, aprofundaram os estudos sobre o calor, no período compreendido entre 300 e 1400 d.C, já que objetivavam aprimorar sua técnica para aprender a transformar metais diversos em ouro. Não obtiveram

êxito na tarefa, embora tenham transmitido ensinamentos de grande valia sobre a transformação de materiais.

Importante mencionar que muito contribuíram para o conhecimento do calor as descobertas referentes às transformações e fundição de materiais, resultantes das necessidades do ser humano, a exemplo do descobrimento do bronze, fruto da fusão do cobre com o estanho.

À medida que os estudos avançavam, novas teorias surgiam e falácias eram desconstruídas. Francis Bacon, por exemplo, tratou de desmistificar a ideia de que calor e temperatura eram sinônimos, já que, segundo ele, enquanto o calor consistia na movimentação das partículas, a temperatura seria medida pela velocidade dessa movimentação.

Teses importantes envolvendo o calor foram desenvolvidas ao longo do tempo, merecendo destaque a de Georg Ernst Stahl (1660-1734), médico e químico alemão, que elaborou a teoria do flogístico, assim entendido como um elemento que se desprenderia do corpo no momento da combustão, restando apenas a ‘cal’ (atuamente referido como oxido) do metal.

Stahl entendia que o flogístico era um elemento invisível que na queima de algum material, era liberado com a ajuda do ar. O material que sobrava após a combustão não conteria mais flogístico, daí porque já não seria mais passível de combustão.

Todos os materiais combustíveis portariam esse elemento, que neles estaria presente em maior ou menor grau. O carvão, por exemplo, dado seu alto grau de combustibilidade, seria formado quase que exclusivamente pelo flogístico.

Questão controversa que surgiu neste contexto, e que intrigou Lavoisier, foi o fenômeno da calcinação de metais, quando se percebeu que, após a combustão, uma vez liberado o flogístico, embora se esperasse que os resíduos do material se tornassem mais leves que antes, justamente pela perda do flogístico, acontecia justamente o contrário.

A explicação encontrada por alguns estudiosos foi de que o flogístico seria dotado do atributo de “imponderabilidade”, ou seja, sua massa não poderia ser medida, ou mesmo que teria “peso negativo”, isto é, quanto mais flogístico um corpo possuísse, mais leve ele seria; dessa forma, após a combustão e conseqüente liberação do flogístico, de peso negativo, o corpo residual se tornaria mais pesado.

A teoria do flogístico foi, aos poucos, sendo superada, já que Lavoisier constatou, experimentalmente, que a queima é uma reação entre várias substâncias simples com o oxigênio, ou seja, trata-se de uma reação química.

Já no final do século XVIII, existiam duas teorias predominantes sobre o calor; a primeira delas, defendida por Francis Bacon e Robert Boyle, influenciados por Platão e Aristóteles, tratavam o calor como sendo o resultado do movimento de pequenas partículas constituintes da matéria.

A segunda teoria, por sua vez, defendia ser o calor uma substância fluida e invisível, pertencente à matéria, e que poderia ser transferida de um corpo mais quente para outro mais frio; usou-se denominar esta substância de “calórico”.

A teoria do calórico foi proposta primeiramente por Joseph Black, e segundo Pádua, Pádua e Silva (2009), definido como uma substância elástica e inodora presente nas substâncias, cujas partículas estão em constante troca com as de outras substâncias, sendo que as partículas de um corpo mais quente acabam sendo atraídas para outro mais frio.

Assim, um corpo com temperatura mais alta possuiria mais calórico se comparado a outro corpo com menor temperatura. Quando do contato entre dois corpos, aquele mais rico em calórico transferiria parte dessa substância ao outro, de maneira que ambos atingissem a mesma temperatura.

Neste contexto, surgiu a necessidade de se confeccionar ferramentas que se prestassem a medir o calórico; porém, essas iniciativas resultaram na confecção de instrumentos para medir a temperatura. Filon, mecânico de Bizâncio, por volta de 250 a. C., Heron de Alexandria, mecânico e matemático que viveu no primeiro século d.C. e Galileu em 1595, teriam construído os primeiros termômetros a ar. Mais tarde, termômetros mais sofisticados foram construídos por Daniel Fahrenheit (1686-1744) e Celsius (1701-1744).

Em que pese a substancial aceitação da teoria do calórico, a experimentação mostrou a fragilidade de que tal teoria se revestia, principalmente quanto à precária conservação de calórico, demonstrada por Benjamín Thomson (1753-1814), que expôs a ilimitada quantidade de calórico que poderia ser expelida para fora de um corpo devido ao atrito.

Segundo Pádua, Pádua e Silva (2009) Thomson, após realizar vários experimentos relacionados ao atrito, sugeriu que o calor desenvolvido em uma operação com um canhão deveria emergir da energia mecânica gasta nesse processo, corroborando com a teoria alternativa do calórico que se limitava a considerar o calor como movimento vibratório que tinha lugar entre as partículas do corpo.

A partir das observações de Rumford, outros cientistas se dedicaram à pesquisa e experimentação no sentido de agregar elementos definidores da teoria associada ao movimento. Destaca-se, entre eles, Sir Humphry Davy (1778-1829) que demonstrou experimentalmente a ineficiência da teoria do calórico para explicar a fusão de dois cubos de gelo, mantidos em temperatura abaixo de seu ponto de congelamento, no processo de fricção e Sadi Carnot (1796-1832) cuja contribuição principal refere-se à exigência de diferença de temperatura para gerar trabalho a partir de uma interação com o calor.

Os avanços sobre o estudo do calor são notórios; a máquina a vapor desenvolvida por James Watt (1736-1819), é uma das principais referências nesse estudo. Pádua, Pádua e Silva (2009) descrevem a evolução histórica desse aparato que nasceu a partir da necessidade do homem de bombear água das profundezas das minas de carvão, possibilitando a extração do mineral.

Relataram os autores que, entre os séculos XII e XVI ocorreu uma destruição significativa nas florestas inglesas, devido ao corte de árvores para obtenção de lenha para

aquecimento de casas e nas indústrias que começavam a ser implantadas. Nesse momento histórico a lenha passou a ser substituída pelo carvão de pedra que, primeiramente era subtraído da superfície do solo, porém com o esgotamento desse combustível na superfície passou-se a cavar buracos e galerias, que frequentemente ficavam inundadas devido aos lençóis subterrâneos.

Retomando as investigações quanto a natureza do calor, foi James P. Joule (1818-1889) que propôs um aparato experimental que possibilitou determinar o equivalente mecânico do calor corroborando a derrocada definitiva da teoria do calórico e enaltecendo a teoria do calor como forma de energia. No atrito entre corpos, ocorre aumento na energia interna do sistema (energia mecânica) e o aquecimento do ar na vizinhança deve-se a transferência dessa energia sob a forma de calor.

A evolução no desenvolvimento de teorias é possível devido à existência de estudiosos que questionam, duvidam e pesquisam novas formas de explicar determinado fenômeno. É justamente este espírito investigativo que aprimora e promove o avanço metodológico-científico do conhecimento.

Referências

PÁDUA, A. B.; PÁDUA, C. G.; SILVA, J. L. C. **A história da termodinâmica clássica: uma ciência fundamental.** Londrina: Eduel, 2009, 134 p.

PASSOS, J. C. Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 3603.1-3603.8, 2009.

SILVA, A. P. B.; FORATO, T. C. M.; GOMES, J. L. A. M. C. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 30, n. 3, p. 492-537, 2013.

VANIN, J. A., **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro.** 2. ed., São Paulo: Moderna, 2005.

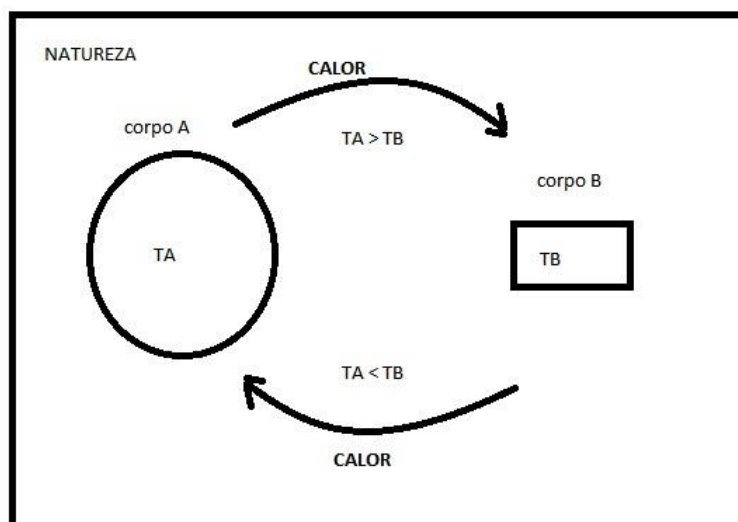
YOUNG, H. D. **Física II: Termodinâmica e Ondas** / Young e Freedman; [colaborador A. Lewis Ford]; tradução Claudia Santana Martins; revisão técnica Adir Moysés Luiz. – 12. ed. – São Paulo: Addison Wesley, 2008. Título original: Searand Zemansky's Universityphysics.

APÊNDICE H – Tarefa de aprendizagem da 2ª ação

MODELO ORIENTADOR E MODELOS FORMULADOS PELOS ESTUDANTES

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

MODELO (SUGESTÃO) RELAÇÃO GERAL DO CONCEITO DE CALOR

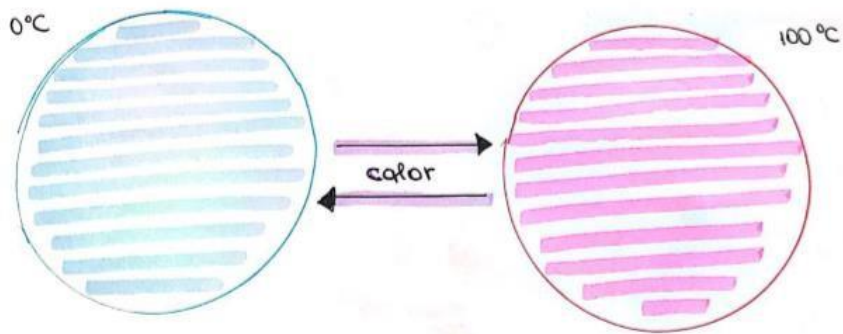


Relação geral do conceito de calor, Modelo na forma de enunciado.

“Mecanismo pelo qual a energia é transferida entre um sistema e seu ambiente em função de uma diferença de temperatura entre eles. É também a quantidade de energia transferida por esse mecanismo”.

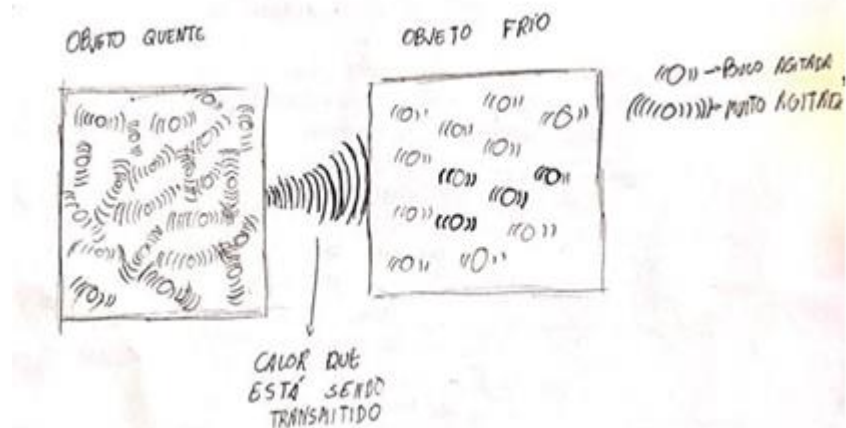
MODELOS FORMULADOS PELOS GRUPOS DE ALUNOS:

GRUPO 1.



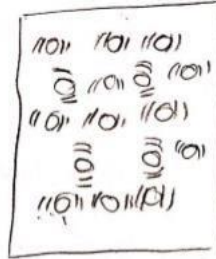
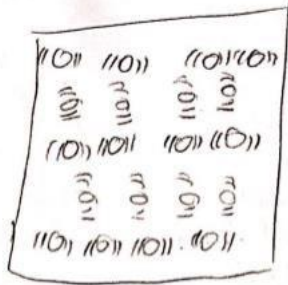
GRUPO 2:

1° Momento:



2° Momento:

ALGUM TEMPO DE 10/15

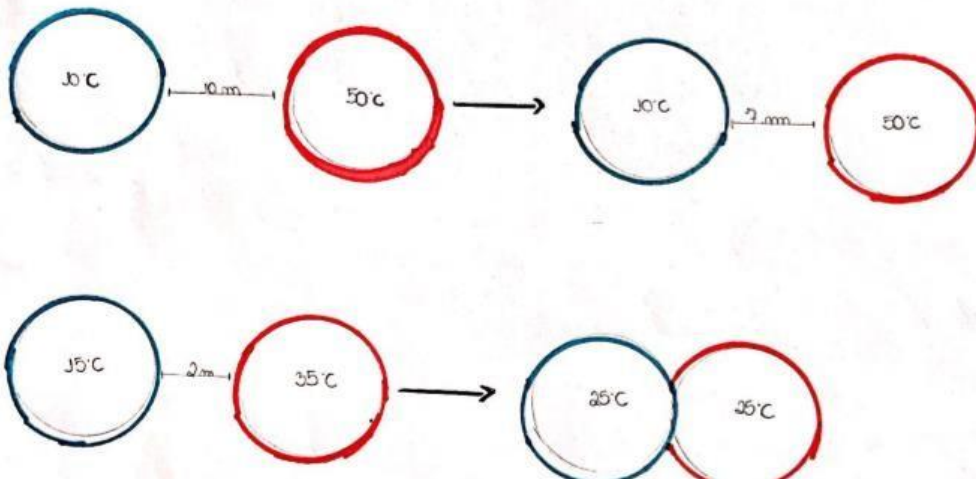


ESTADO DE EQUILIBRIO TÉRMICO

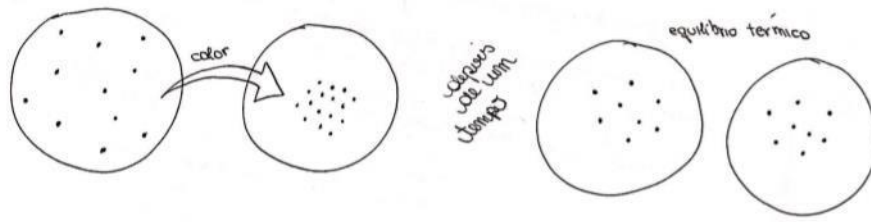
GRUPO 3:

Exercício 05:

Formular um modelo representativo do estado geral de cada sistema aquecido ou resfriado.



MODELO FINAL CONSTRUÍDO POR TODOS:



APÊNDICE I – Tarefas de aprendizagem da 4ª ação

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

1.TEXTO “10 DICAS PARA ENFRENTAR O CALOR

Vanessa Sardinha dos Santos

Temperaturas altas, umidade relativa do ar baixa e você sem saber o que fazer? O Brasil Escola separou algumas dicas para você enfrentar as ondas de calor que comumente atingem nosso país.

1.A primeira dica e a principal delas é a **hidratação**. No tempo quente, você acaba perdendo muito líquido e sais minerais através da transpiração, sendo muito importante repor o que foi perdido. Lembre-se de beber muito líquido, principalmente se você trabalha em locais abertos e fica constantemente exposto ao calor do sol. **Evite bebidas alcoólicas e café**, opte por um suco natural!

2.Quando o assunto é alimentação, escolha alimentos leves, como **frutas e legumes**. Se no seu prato não pode faltar carne, por que não escolher um peixe? Evite comer alimentos com muita gordura ou frituras.

3.Lembre-se de que o **calor estraga mais rapidamente os alimentos**, então conserve adequadamente seus pratos. Se você leva comida para o trabalho ou pretende levar um lanchinho para a praia, lembre-se de colocá-los em sacolas térmicas. Evite comer produtos como maionese e iogurtes, eles tendem a estragar com maior facilidade.

4.Evite roupas que dificultam a transpiração, como peças justas e de tecido sintético. **Algodão** é uma ótima pedida! Procure usar **cores mais claras**, essas peças esquentam menos que as roupas escuras.

5.Se você não estiver aguentando o calor e pretende ir a praias ou piscinas, lembre-se de que a **exposição ao sol só é recomendada até as 10 da manhã e após as 16 horas**.

6.Utilize bastante **protetor solar** e, se possível, use **bonés, chapéus** ou **guardachuvas** quando se expor ao sol. Os óculos de sol também devem ser utilizados.

7.Se você é do tipo que não sai do **ar-condicionado** ou trabalha em ambientes em que esse equipamento deve ficar ligado, fique atento às suas vias respiratórias. O ar-condicionado acaba causando um **ressecamento** nessas vias, o que pode levar a irritações. Para evitar o desconforto, use soro fisiológico nas narinas sempre que achar necessário. O soro fisiológico também é importante quando a umidade relativa do ar está baixa.

8.Desligue alguns **equipamentos que aumentam o calor do ambiente**. As lâmpadas, por exemplo, elevam razoavelmente a temperatura do local. Além de você ficar mais refrescado, ainda economizará energia elétrica.

9.Utilize **umidificadores de ar**; mas caso não os possua, coloque uma bacia com água no ambiente ou uma toalha molhada.

10.Outro cuidado essencial diz respeito aos **carros**. Lembre-se de que um carro exposto ao sol funciona como uma estufa! Não deixe crianças esperando enquanto você resolve um problema. Além disso, tome cuidado ao entrar no veículo, abra as portas e janelas para que o calor saia.

Além de todas as dicas acima, lembre-se de dar atenção especial aos idosos e crianças! Agora que você já sabe como se portar em dias de calor extremo, mantenha a calma e espere por dias mais amenos!

Texto disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/saude/10-dicas-para-enfrentar-calor.htm>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2019.

2. PROJETO TARTARUGA MARINHA: Áreas de desova, época de reprodução, técnicas de preservação

MARIA ÂNGELA MARCOVALDI
GUY GUAGNI DEI MARCOVALDI

O Projeto Tartaruga Marinha-TAMAR, foi iniciado em 1980 com o objetivo de avaliar a situação das tartarugas marinhas na costa brasileira. Após dois anos de detalhado levantamento, foram eleitas sete áreas de reprodução consideradas essenciais para a manutenção das espécies: Reserva Biológica de Comboios, Regência e Povoação, no Espírito Santo; Ilha da Trindade, no

Espírito Santo; Condomínio Parque Interlagos, na Bahia; Praia do Porte, na Bahia; Reserva Biológica de Santa Isabel (Pirambú), em Sergipe;

Reserva Biológica do Atol das Rocas, no Rio Grande do Norte; Arquipélago de Fernando de Noronha, no Território Federal de Fernando de Noronha.

Foram constatadas cinco espécies desses quelônios reproduzindo-se no litoral: *Caretta caretta*; *Dermochelys coriacea*; *Chelonia mydas*; *Eretmochelys imbricata*; e *Lepidochelys olivacea*.

Nas bases litorâneas e no Arquipélago de Fernando de Noronha são mantidos anualmente, na época da reprodução, programas de marcação, proteção e controle de desovas. Nas demais Ilhas Oceânicas são realizados esporadicamente programas de marcação e estudos de comportamento de desova. Além disso, o TAMAR mantém um programa educacional nos lugares de atuação, através de distribuição de cartazes, camisetas, projeções de diapositivos, filmes de VT, e contratação de moradores locais para trabalharem no projeto.

COMPORTAMENTO DE DESOVA

No período de desova, as tartarugas marinhas saem do mar normalmente à noite e vão até o limite da maré cheia para depositar seus ovos. Somente as fêmeas vão até à praia. Em uma mesma estação podem efetuar postura três a sete vezes, com intervalos de tempo entre 9 a 17 dias, de acordo com a espécie e local. Ao saírem da água, locomovem-se vagarosamente na praia à procura do lugar ideal para a construção do ninho. Normalmente procuram local não alcançável pela maré.

A segunda etapa do processo é a confecção da "cama", um buraco de grande porte, com dimensões que variam com o tamanho e comportamento do animal. Esta é feita principalmente com as duas nadadeiras anteriores, deslocando considerável quantidade de areia. Terminada a construção da "cama", iniciam a construção da "cova", ou "câmara de ovos", em forma de cuia, onde são colocados os ovos. É confeccionada principalmente com as nadadeiras posteriores. Enquanto uma dessas nadadeiras retira a areia, dobrando a parte terminal como uma concha, a outra faz um movimento brusco de trás para a frente, para que a areia retirada não caia novamente no buraco. O animal alterna estes movimentos até atingir a profundidade adequada. Ao conjunto da "cama" com a "câmara de ovos" chamamos de ninho. Finalizada a construção da "cova", as tartarugas iniciam a postura, que consiste na expulsão dos ovos pela cloaca, mediante contrações facilitadas por um líquido viscoso. Para cada postura a média de ovos é de 126; foram registrados limites extremos de 14 a 207 ovos.

A duração do processo varia de acordo com o desenvolvimento de cada etapa da desova, tendo diferente para as espécies. Outro comportamento bastante comum nas várias espécies é a "meia lua", quando a tartaruga sobe e desce à praia sem efetuar nenhuma etapa da desova. Os machos não sobem à praia.

Texto para uso didático adaptado pela autora a partir de MARCOVALDI, M. A.; MARCOVALDI, G. G. Projeto Tartaruga Marinha: áreas de desova, época de reprodução, técnicas de preservação. **Boletim Fundação Brasileira para Conservação da Natureza**, v. 22, p. 95-104, 1987. Disponível em: http://tamar.org.br/publicacoes_html/pdf/198089/1987_Projeto_Tartaruga_Marinha_areas_de_desova.pdf . Acesso em 11 de fev. 2019.

APÊNDICE J – Quadro sociocultural dos estudantes (parte 1)

Aluno	Idade	Residência	Formação	Profissão	Renda Familiar (salário mínimo)	Participação			
			Pai	Pai		Atividades de lazer	Grupos Sociais/ Crença religiosa	Celular: Para quê?	Redes sociais
			Mae	Mae					
P1	16	Anápolis	Ens. Fundamental	motorista	1 A 2	nenhuma	Grupo Igreja (GI)/ Cristã	comunicação	Whatsapp, Instagram Facebook
			Ens. Fundamental	não respondeu					
P2	15	Anápolis	Ens. superior	XXXX	2 A 5	assistir séries esporte	GI. Protestante/ evangélico	ouvir música comunicação	Whatsapp, Instagram Facebook
			Ens. médio	diretora escola					
P3	18	Anápolis	Ens. Fundamental	fabrica camas	1 A 2	xxxxxxxx	GI/Segue-me	comunicação	Whatsapp, Instagram Facebook
			Ens. Fundamental	doméstica					
P4	16	Anápolis	Ens. Fundamental	vigia noturno	2 A 5	nenhuma	Grupo Igreja/ Cristã	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram
			Ens. Superior	aux.secretária					
P5	17	Terezópolis	xxxxxx	xxxx	1 A 2	não respondeu	não	comunicação	Whatsapp, Instagram Facebook
			Ens. Médio	aux.secretária					
P6	16	Anápolis	Ens. Superior	professora	2 A 5	não respondeu	GI Carismático/ católico	estudar comunicação entretenimento	Facebook, Whatsapp
			Ens. Superior	aux.escriptorio					
P7	15	Anápolis	Ens. Fundamental	xxxx	2 A 5	nenhuma	Não participa/ Cristã	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram Tweteer
			Ens. Superior	chefe escritório					
P8	16	Anápolis	xxxx	xxxx	1 A 2	jogar e desenhar	Grupo canto/ Cristã	comunicação	Whatsapp, Instagram Facebook
			Ens. Superior	proprietaria de casas de					
P9	15	Anápolis	Ens. Médio	almoxarifado	1 A 2	assistir Netflix	GI/Cristianismo	comunicação Netflix	Whatsapp, Instagram Tweteer, Facebook
			Ens. Médio	do lar					
P10	16	Anápolis	xxxx	xxxx	1 A 2	desenhar ouvir música	não/acredita em Deus	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram Tweteer, Facebook
			Ens. Fundamental	autônoma					
P11	15	Campos Lindos	Ens. Médio	agricultor	mais de 5	festas leitura	GI/Cristã	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram Tweteer
		do Goiás	Pós Graduação	professora					
P12	16	Anápolis	Ens. Médio	xxxx	1 A 2	tocar violão assistir TV	não respondeu	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram Tweteer
			Ens. Médio	cuidadora de idosos					
P13	17	Anápolis	Ens. Médio	vigilante	1 A 2	ler, yoga, boxe	não/ateísmo	estudar comunicação	Whatsapp, Tweteer

			Ens. Médio	vigilante					
P14	15	Anápolis	Ens. Superior	segurança	1 A 2	nenhuma	não/não	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram, Twiteer, Facebook
			Ens. Médio	aux. Administrat					
P15	16	Anápolis	Ens. Fundamental	aux.cozinha	1 A 2	nenhuma	não/não	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram, Twiteer, Facebook
			Ens. Médio	do lar					
P16	16	Anápolis	Ens. Fundamental	motorista	2 A 5	sim/não citou	não/Protestante	estudar comunicação	Telegran
			Ens. Médio	aux.nutrição					
P17	16	Anápolis	Ens. Superior	missionário	2 A 5	academia	GI/evangélico	estudar comunicação entretenimento	Whatsapp, Instagram, Facebook
			Ens. Superior	missionária					
P18	16	Anápolis	não respondeu	não respondeu	1 a 2	assistir séries	não/Cristã	estudar comunicação	Facebook, Whatsapp
P19	16	Anápolis	não respondeu	não respondeu	1 a 2	ouvir música	não/não	estudar comunicação	Facebook, Whatsapp
				não respondeu					
P20	16	Anápolis	Ens. Médio	alfaiate	2 A 5	leitura e desenho	não/ateu	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram
			Ens. Fundamental	do lar					
P21	17	Anápolis	Ens. Fundamental	venedor	2 A 5	joga vôlei	não/Cristã	estudar comunicação	Whatsapp, Instagram, Twiteer
			Ens. Fundamental	cabelereira					
P22	16	Anápolis	Ens. Superior	missionário	2 A 5	não respondeu	GI/evangélico	não respondeu	whatsapp, Instagram
			Ens. Superior	missionária					

Observação: Todos os alunos afirmam usar a internet todos os dias da semana.
Dois alunos P4 e P17 recebem bolsa monitoria (R\$ 360,00 mensais).

APÊNDICE K – Quadro sociocultural dos estudantes (parte 2)

Aluno	Atividade principal	O que dificulta a aprendizagem	Dificuldades em Física	Aprende Física com as aulas?	Estudo para prova?	Relação Física - cotidiano	Motivação para estudar	Disciplinas fáceis/difíceis	Estudo semanal (horas)
P1	estudo amigos	interesse	atenção e cálculos	sim, estudo em vídeoaulas	sim	não	cobrança de tios, para ser alguém na vida	hum/exatas	1 a 2
P2	estudo	interesse	cálculos	aprendo mais em casa	não	sim	entende matéria, fica feliz	Demais/ sociologia	3 a 5
P3	estudo	interesse não internet/casa	interpretação e cálculos	quase nada	sim	não	problemas com a mãe, tratamento infantil (18 anos)	hist/ mat e fis	1 a 2
P4	estudo família igreja	interesse	falta aulas práticas	sim	não	sim	mudar algo na sociedade	mat/ fis.quim	1 a 2
P5	estudo	interesse	cálculos	sim, estudo em vídeoaulas	sim	não muito	gosto quando fecho a prova	humans/ fis,qui m	6 a 8
P6	estudo	interesse	cálculos	sim	sim	não muito	trabalhar em grande empresa	mat/fis e quim	nr
P7	estudo	concentração	interpretação e cálculos	com livro e exercícios	sim	não muito	fis eu não entendo nada	mat/fis	mais de 8
P8	estudo amigos	preguiça	cálculos	sim	sim	sim	estudar para se dar bem na vida	hist.geo/ nenhum	1 a 2
P9	estudo	interesse	não tenho dificuldades	sim	não	sim, não se explicar	interesse	mat/ port.	3 a 5
P10	estudo	interesse	calculos e falta aulas práticas	estudo em casa também	sim	não	melhorar de vida	hist/ quim e fis	3 a 5
P11	estudo	interesse	cálculos	estudo para o ENEM	sim	um pouco	ser alguém na vida	his.port/ quim.fis	6 a 8
P12	estudo	atenção	cálculos	sim, vou bem na prova	sim	pouco	fazr faculdade e ter profissão	hist.geo/ mat e fis	3 a 5
P13	estudo	interesse	calculos e falta aulas práticas	video-aula e exercícios	sim	um pouco	para ser alguém na vida	nenhuma	mais de 8
P14	estudo	atenção	cálculos, gosto teoria	video-aula e exercícios	sim	um pouco	fis é importante, não sei onde	humanas/ fis.quim	1 a 2
P15	estudo	interesse	cálculos	video-aula e exercícios	sim	xxxxx	caminho para vida melhor	mat/ fis.quim	1 a 2
P16	estudo	interesse	cálculos	decoro pra prova	sim	um pouco	estudo para ser alguém	hist.biol/ quim	1 a 2
P17	estudo	imprevistos	calculos e falta aulas práticas	video-aula e exercícios	sim	sim, não sei explicar	interesse	inform/ fis	3 a 5

P18	estudo	falta de foco	cálculos, gosto teoria	atenção, anotações e exerc.	sim	sim, não sei explicar	nada motiva em Física, talvez aulas práticas!		NR
P19	estudo	atenção	adoro Física	video-aula e exercícios	sim	um pouco	quero ter uma profissão		NR
P20	estudo	interesse	não tenho dificuldades	atenção, participação	não	um pouco	representar uma grande empresa no exterior	hist/mat-port	NR
P21	estudo	interesse	calculos	video-aula e exercícios	sim	não sei	ser alguém na vida	humanas/exatas	3 a 5
P22	estudo	interesse	calculos e falta aulas práticas	decoro pra prova	sim	pouco	estudo para ter uma profissão		NR

ANEXOS

ANEXO A – Declaração de instituição coparticipante



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

DECLARAÇÃO

Declaro ter lido e concordar com o projeto de pesquisa de “**Ensino de conceitos da Física na Educação Básica: contribuições das teorias de Davydov e de Hedegaard**” de responsabilidade da pesquisadora CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA e declaro conhecer e cumprir as Resoluções Éticas Brasileiras, em especial as Resoluções 466/2012 e 510/2016. Esta instituição está ciente de suas corresponsabilidades como instituição coparticipante do presente projeto de pesquisa, e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar. Estou ciente que a execução deste projeto dependerá da aprovação do mesmo pelo CEP da instituição proponente, mediante parecer ético consubstanciado e declaração de aprovação.

Anápolis (GO), 15 de abril de 2019.



Elza Gabriela Godinho Miranda
Diretora-Geral
Portaria nº 2.808, DOU 20/12/17

ANEXO B – Declaração de autorização para gravação de áudio e vídeo**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO****DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO PARA GRAVAÇÃO EM ÁUDIO E VÍDEO**

Título da pesquisa: “FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD”.

Autor da pesquisa: Doutoranda Carmes Ana da Rosa Batistella

Eu, _____, C.I. nº _____, autorizo a gravação em áudio e vídeo, durante a coleta de dados da pesquisa intitulada: “ENSINO DE CONCEITOS DA FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CONTRIBUIÇÕES DAS TEORIAS DE DAVYDOV E DE HEDEGAARD”. A pesquisa fundamenta-se na Teoria do Ensino Desenvolvimental de V. V. Davydov e Hedegaard, realizada pela pesquisadora Profe. Ms. Carmes Ana da Rosa Batistella, RG 2017951878 SSP/RS, sob orientação da Prof.^a. Doutora Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas.

Assinatura

Diretora da Instituição, aos 15 dias do mês de abril de 2019.

ANEXO C – Termo de consentimento livre e esclarecido do docente

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DOUTORADO EM EDUCAÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO DOCENTE

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada: “Título da pesquisa: FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD”.

Meu nome é **Carmes Ana da Rosa Batistella**, sou professora do Magistério Superior na Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, e aluna do **Doutorado em Educação na Pontifícia Universidade Católica de Goiás**, onde estou desenvolvendo essa pesquisa sob orientação da Prof^ª. Dr^ª. **Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas**.

Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte da pesquisa, este documento deverá ser assinado em duas vias e rubricado em todas as páginas, sendo que a primeira será de guarda e confidencialidade da pesquisadora responsável e a segunda ficará sob sua responsabilidade para quaisquer fins.

Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Em caso de **dúvida sobre a pesquisa**, você poderá entrar em contato com a pesquisadora **Carmes Ana da Rosa Batistella** através do e-mail: carmesbatistella@hotmail.com ou por telefone: (63) 98412-1612, ou com a orientadora pela pesquisa, a professora **Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas** através do e-mail: raquelmarram@gmail.com ou por telefone: (62) 98111-9723. Os pesquisadores poderão ser contatados a qualquer momento, antes, durante e após a realização da pesquisa, para tirar dúvidas e prestar esclarecimentos.

Em caso de dúvida **sobre a ética aplicada a pesquisa**, você poderá entrar em contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, telefone: (62) 3946-1512, localizado na Avenida Universitária, N° 1069, Setor Universitário, Goiânia – Goiás. No horário das 8h às 12h e 14h às 17h, de segunda a sexta-feira. O Comitê de Ética em Pesquisa é uma instância vinculada à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) que por sua vez é subordinado ao Ministério da Saúde (MS). O CEP é responsável por realizar a análise ética de projetos de pesquisa, sendo aprovado aquele que segue os princípios estabelecidos pelas resoluções, normativas e complementares.

Esta pesquisa faz parte da minha tese de doutorado e tem por objetivo analisar as contribuições do ensino desenvolvimental para o ensino de Física no ensino médio.

A pesquisa será realizada no Instituto Federal de Goiás, no Município de Anápolis. A coleta de dados será realizada por meio de entrevistas, questionário autoaplicável e observações de aulas durante o experimento didático- formativo proposto.

A pesquisadora realizará contato com os possíveis participantes em reunião com o professor e os alunos nas dependências da escola, conforme orientação da Coordenação e/ou Direção. Nesta reunião, o professor e os estudantes serão convidados a participarem da pesquisa, serão fornecidas informações gerais e será entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que será assinado e devolvido à pesquisadora.

Se você aceitar participar da pesquisa, após a assinatura do TCLE, receberá um questionário autoaplicável para responder. Para identificação de cada participante será utilizado um nome fictício, escolhido pelo próprio participante, a fim de assegurar o anonimato. O preenchimento

do questionário será *online*, conforme instruções da pesquisadora, podendo ser na escola ou fora dela, como melhor convier ao participante. O preenchimento terá duração total de aproximadamente 30 minutos podendo ultrapassar um pouco. Após responder ao questionário, você será entrevistado pela pesquisadora, em data e horário agendados previamente. A entrevista será individual, ocorrerá na escola e terá duração aproximada de 40 minutos, sendo gravada simultaneamente em áudio. Nela você terá um nome fictício, o mesmo que escolher para o questionário. Você participará também das aulas de Física durante a pesquisa para ensino e aprendizagem do conceito calor. Os dados obtidos no questionário, durante a entrevista e durante as aulas, serão conservados em mídia digital, e em material físico por um período de 5 anos pelo pesquisador. Após esse período o material será descartado eletronicamente de forma irrecuperável. Caso o participante não se sinta confortável durante o preenchimento do questionário, a responder à entrevista, ou a participar das aulas, ele poderá, a qualquer momento, solicitar que sua participação seja interrompida.

Assim, você está sendo convidado (a) a participar respondendo às perguntas do questionário, da entrevista e participando das aulas de Física durante a pesquisa.

Você terá riscos mínimos ao participar dessa pesquisa, pois a entrevista consistirá em uma conversa com tema pertinente à sua vivência e ao seu conhecimento como estudante. Os possíveis riscos a que você poderá estar sujeito são: constrangimento, exposição. No entanto, tais riscos serão minimizados, pois seu nome será mantido em confidencialidade absoluta e você não será obrigado a responder aquelas perguntas que julgar lhe causem exposição ou constrangimento, ou que por qualquer razão não desejar responder. Será utilizado um código para substituir o seu nome, e o seu nome não será divulgado na pesquisa, apenas o código. A entrevista será interrompida caso você sinta cansaço ou qualquer desconforto que o prejudique ou que interfira no seu andamento. Você também pode a qualquer momento solicitar que a entrevista seja interrompida.

O aceite em participar é livre e de vontade própria, sem recebimento de qualquer incentivo financeiro e gratificação. A participação na pesquisa não implicará em nenhuma despesa ao participante e caso exista, será de responsabilidade da pesquisadora, assim como quaisquer ressarcimentos que o participante possa vir a solicitar decorrente da participação na pesquisa.

Está sendo considerado como benefício direto da participação do professor na pesquisa a possível aquisição de conhecimentos do conceito calor e uma experiência nova de ensino, aprendizagem e compreensão desse conceito. Outro benefício decorrente da participação do professor e de sua colaboração na pesquisa, é a possibilidade de aprofundar seu conhecimento e sua prática na organização do ensino na perspectiva do desenvolvimento do aluno. Para o aluno participante da pesquisa, está sendo considerado como benefício direto da sua participação a possível aquisição de conhecimento mais aprofundado do conceito calor em decorrência. Quanto a outros benefícios, espera-se que sua participação proporcione uma experiência de um novo método de aprender conceitos e a ressignificação da sua compreensão dos conceitos da Física na vida diária.

Você tem direito a ter acesso aos resultados desta pesquisa, que poderá ser fornecida pela pesquisadora ao final da mesma. Esta pesquisa não implicará em nenhum custo ao participante. Caberá a mim, como pesquisadora, arcar com as despesas decorrentes de sua participação na pesquisa, e mesmo com todos os cuidados éticos da pesquisa, se ainda assim o adolescente se sentir lesado (a) terá o direito à indenização após determinação judicial, conforme estabelece a Resolução CNS Nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Mesmo após aceitar participar, você é livre para retirar seu consentimento e desistir da participação a qualquer momento. A recusa em participar não irá acarretar a você qualquer penalidade.

Em todas as fases da pesquisa serão assegurados o sigilo, a privacidade e o seu anonimato. Garantimos a confidencialidade do seu nome, e as informações identificáveis não serão utilizadas em relatórios ou publicações resultantes deste estudo.

Os usos das informações fornecidas ou obtidas através da realização dessa pesquisa estão submetidos às normas éticas de pesquisa envolvendo seres humanos, de acordo com a Resolução Nº 466 de 12 de dezembro de 2012 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa.

O pesquisador responsável por este estudo declara: que cumprirá com todas as informações acima; que você terá acesso, se necessário, a assistência integral e gratuita por danos diretos e indiretos oriundos, imediatos ou tardios devido a sua participação neste estudo; que toda informação será absolutamente confidencial e sigilosa, que sua desistência em participar deste estudo não lhe trará quaisquer penalizações; que será devidamente ressarcido em caso de custos para participar desta pesquisa; e que acatarão decisões judiciais que possam suceder.

Eu _____, abaixo assinado, discuti com a Professora Carmes Ana da Rosa Batistella sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia de assistência integral e gratuita por danos diretos e indiretos, imediatos ou tardios quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste serviço.

Anápolis, ____, de _____, de 2019.

____/____/____

Assinatura do participante

Data

____/____/____

Assinatura da pesquisadora

Data

ANEXO D – Termo de consentimento livre e esclarecido dos responsáveis**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DOS RESPONSÁVEIS**

Solicito sua autorização para a participação, como voluntário(a), de seu(sua) filho(a), que se encontra sob a sua responsabilidade, do Projeto de Pesquisa sob o título “FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD”.

Meu nome é Carmes Ana da Rosa Batistella, curso o Doutorado em Educação e sou pesquisadora deste Projeto. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar que a(o) estudante faça parte do estudo, este documento deverá ser assinado em duas vias e em todas as páginas, sendo a primeira via de minha guarda e confidencialidade e a segunda via ficará sob sua responsabilidade para quaisquer fins.

O(a) senhor(a) foi notificado(a) pela escola, avisando-lhe que deveria comparecer a uma reunião, em dia previamente agendado, ao final da aula, na sala de aula de seu filho(a) sob a sua responsabilidade, para receber esclarecimentos sobre esta pesquisa e, em caso de aceitação, assinar este documento, mas tem total liberdade de recusar ou retirar o consentimento da participação da criança em qualquer fase da pesquisa sem penalização, ou prejuízo, algum.

Se ainda houver qualquer questão a esclarecer em relação à pesquisa, o(a) senhor(a) poderá entrar em contato com a pesquisadora Carmes Ana da Rosa Batistella pelo e-mail: carmesbatistella@hotmail.com ou por telefone: (63) 984121612 ou com a orientadora da pesquisa, professora Dra. Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas, pelo e-mail: raquelmarram@gmail.com ou por telefone: (62) 98111-9723.

Em caso de dúvida sobre a ética aplicada à pesquisa, o(a) senhor(a) poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, localizado na Avenida Universitária, N° 1069, Setor Universitário, Goiânia - Goiás, telefone: (62) 3946-1512, funcionamento: de 8h as 12h e de 13h as 17h de segunda a sexta feira.

O Comitê de Ética em Pesquisa é uma instância vinculada à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) que por sua vez é subordinado ao Ministério da Saúde (MS). O CEP é responsável por realizar a análise ética de projetos de pesquisa, sendo aprovado aquele que segue os princípios estabelecidos pelas resoluções, normativas e complementares.

Com esta pesquisa, tenho como objetivo saber se estudantes aprendem conhecimentos científicos no Ensino Médio e se eles são capazes de aplicar esses conhecimentos em situações da vida cotidiana. Pretendo estudar como o pensamento deles pode ser formado, aprendendo conceitos por meio da atividade de estudo.

Foi feita opção pelo Instituto Federal de Goiás, Campus de Anápolis, por acreditarmos na possibilidade de que por meio da escola pode ser assegurado o direito dos jovens usufruírem dos conhecimentos que garantem além de uma cultura geral, a formação científica mediante uma educação pública nacional para todos. Esta Escola foi escolhida porque o professor foi convidado e aceitou em participar da pesquisa. Posteriormente conversei com a diretora do

estabelecimento de ensino (IFG) que também mostrou interesse pela pesquisa e pelos resultados a serem apresentados na Escola, validando e autorizando a realização da pesquisa. Esta pesquisa se justifica porque procura trazer uma compreensão enriquecedora do processo de ensino-aprendizagem destes estudantes ao mesmo tempo em que busca contribuir para que aprendam os conhecimentos teóricos do ensino que é trabalhado na escola e os apliquem na solução de situações-problema de seu cotidiano.

A metodologia da pesquisa vai acontecer com o nome de experimento formativo de uma atividade de estudo. O experimento vai ajudar a intensificar a aprendizagem dos(as) alunos(as) para que aprendam conteúdos escolares de Física, uma vez que foi selecionado o tema calor. As atividades a serem realizadas foram agendadas no planejamento da Escola, durante seis (06) semanas (maio e junho de 2019), nos dias e horários combinados com o professor e ocorrerá na sala de aula dos estudantes.

De acordo com a metodologia do experimento formativo, vou acompanhar o desenvolvimento de uma unidade do plano de ensino da professora em comum acordo, vamos replanejando todas as semanas para que o trabalho aconteça dentro da metodologia proposta por Davydov e Hedegaard. O acompanhamento da aula acontecerá por meio de anotações e de filmagem. A filmagem ocorrerá nos momentos em que estudantes estiverem realizando as atividades planejadas pela pesquisa.

Neste documento, seis coisas importantes devem ficar muito claras para o(a) senhor(a) em relação à participação, na pesquisa, de seu(sua) filho(a), ou estudante que se encontra em sua responsabilidade: primeiro é que ele(a) pode, ou não, aceitar fazer parte desta pesquisa, se durante a sua participação ele(a) decidir se retirar, poderá fazer isso sem qualquer penalidade ou reprimenda, pois é um direito dele(a), mesmo que o(a) senhor(a) tenha dado a sua permissão; segundo é que ele(a) pode não querer ser filmado(a), este também é um direito dele(a); terceiro é que a participação nesta pesquisa não pode gerar nenhuma despesa para ele(a) e nem para a sua família, se isto acontecer, ele(a) será ressarcida; quarto é que se for causado a ele(a) algum dano moral ou material por estar participando desta pesquisa, ele(a) será indenizado(a); quinto é que se acontecer algo errado porque ele(a) está participando da pesquisa, ele(a) receberá assistência integral e gratuita; e sexto é que, se for necessário, eu entrego a ele(a) o dinheiro suficiente para o transporte para que ele(a) não falte aulas nos dias destinados à pesquisa.

É também necessário ficar claro que a permissão dada ao seu (à sua) filho(a), ou criança sob sua responsabilidade, para que participe da pesquisa é de vontade própria, não há recebimento de qualquer incentivo financeiro, nem de gratificação por sua participação. Haverá riscos mínimos aos participantes da pesquisa, pois a entrevista com os estudantes e professora regente consistirá em uma conversa com tema pertinente à sua vivência e ao seu conhecimento como estudante e práticas docentes, respectivamente. Os possíveis riscos aos sujeitos participantes são: constrangimento e exposição ao responder perguntas que julgar lhe causarem exposição ou constrangimento ou que, por qualquer razão, não desejar responder. A entrevista será interrompida caso o estudante sinta cansaço ou qualquer desconforto que o prejudique ou que interfira no seu andamento. A qualquer momento o participante poderá solicitar que a entrevista seja interrompida. Enquanto pesquisadora responsável pelo estudo, declaro que os estudantes participantes da pesquisa terão acesso, caso seja necessário, à assistência integral e gratuita por danos diretos e indiretos oriundos, imediatos ou tardios devido a sua participação neste estudo; que toda informação será absolutamente confidencial e sigilosa; que sua desistência em participar deste estudo não lhe trará quaisquer penalizações; que será devidamente ressarcida(o) em caso de custos para participar desta pesquisa; que será indenizada(o) se for submetida(o) a algum dano moral ou material; e que acatarei decisões judiciais que possam suceder. Como pesquisadora, adotarei medidas de precaução e proteção, a fim de evitar ou atenuar eventuais danos que envolvam as dimensões físicas, psíquica,

moral, intelectual, social e cultural dos estudantes, em qualquer etapa da pesquisa e dela decorrente.

Porém, o(a) estudante pode passar pelo desconforto, se cansar (enjoar) das inúmeras atividades aplicadas sobre o mesmo tema, durante muito tempo, mesmo que elas sejam diferentes. Se isso acontecer, e ele(a) quiser, poderá se retirar da atividade sem que isso lhe acarrete quaisquer prejuízos ou penalidades.

Contudo, o benefício direto obtido por participar da pesquisa é a aprendizagem de conhecimentos científicos em interação com os colegas na sala de aula, assim como a transformação do processo de ensino-aprendizagem em momento de investigação ativa dos conteúdos ensinados. Em síntese, o(a) estudante se torna investigador(a) de seu próprio processo de aprendizagem em todas as circunstâncias porque ele(a) aprende a estudar ou a se ensinar.

No processo de acompanhamento, levantamento dos dados, assim como na socialização dos resultados da pesquisa, será garantida a preservação da identidade do(a) aluno(a), assim como a proteção de sua imagem e o caráter confidencial das informações.

É importante registrar que é assegurado aos estudantes, assim como aos seus Pais, ou Responsável, como participantes, o acesso aos dados da pesquisa em qualquer etapa de seu desenvolvimento e de seus resultados.

O nome do(a) estudante e a sua imagem serão mantidos em privacidade absoluta e os dados coletados serão confidenciais. Um código será utilizado para substituir o nome e apenas ele será divulgado na pesquisa. A coleta de dados será interrompida caso alunos(as) sintam cansaço ou a qualquer momento solicitar que seja interrompida a sua colaboração.

Os resultados da pesquisa serão publicados por um texto denominado Tese, por outros textos que chamamos de artigos científicos e em eventos, desde que mantida a ética na pesquisa, a privacidade das crianças, o seu anonimato e dos demais participantes, assim como a confidencialidade dos dados. Ressalta-se também que os resultados obtidos serão apresentados a todos os membros da comunidade escolar (gestores, professores, estudantes e responsáveis), conforme disposto na Resolução Nº 510/2016 (seção II, art. 17) que preconiza a garantia aos participantes do acesso aos resultados da pesquisa.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão guardados no computador por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Os usos das informações fornecidas ou obtidas pela realização desta Pesquisa estão submetidos às normas éticas de pesquisa envolvendo seres humanos, de acordo com a Resolução Nº 466/2012 e Resolução Nº 510/2016, da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa.

Reitero que, como pesquisadora responsável pelo estudo, cumprirei com todas as informações acima; que seu(sua) filho(a) sob sua responsabilidade, terá acesso, se necessário, a assistência integral e gratuita por danos diretos e indiretos oriundos, imediatos ou tardios devido a sua participação neste estudo; que toda informação será absolutamente confidencial e sigilosa; que a desistência do(a) estudante em participar deste estudo não lhe trará quaisquer penalizações; que o estudante será devidamente ressarcido em caso de custos para participar desta pesquisa. Garanto ainda que será indenizada(o) se for submetida(o) a algum dano moral ou material; e que acatarei decisões judiciais que possam suceder. Como pesquisadora, adotarei medidas de precaução e proteção, a fim de evitar ou atenuar eventuais danos que envolvam as dimensões físicas, psíquica, moral, intelectual, social e cultural dos estudantes, em qualquer etapa da pesquisa e dela decorrente.

Eu _____

abaixo assinado, discuti com a pesquisadora Carmes Ana da Rosa Batistella sobre a minha decisão em permitir a participação de meu (minha) filho(a) sob minha responsabilidade nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem

realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que a participação do estudante é isenta de despesas e que tenho garantia de que a mesma terá assistência integral e gratuita por danos diretos e indiretos, imediatos ou tardios quando necessário. Ficou claro que haverá indenização caso o aluno participante seja submetido (a) a algum dano moral ou material e que o aluno será devidamente ressarcido (a) em caso de custos para participar desta pesquisa. Concordo voluntariamente em permitir a participação de meu filho (a) neste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante a sua ocorrência, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que ele (a) possa ter adquirido, ou em seu atendimento neste serviço.

Anápolis, 07 de maio de 2019.

Pais ou Responsável

Carmes Ana da Rosa Batistella

Pesquisadora - Doutoranda

ANEXO E – Termo de assentimento dos estudantes**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO****TERMO DE ASSENTIMENTO PARA ALUNOS DO ENSINO MEDIO**

Você está sendo convidado (a) para participar da Pesquisa que vou desenvolver sob o título: “FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONCEITO CALOR NA CONCEPÇÃO DA TEORIA DE DAVYDOV COM CONTRIBUIÇÕES DE HEDEGAARD”. Seu responsável permitiu que você participe. Você não precisa participar da pesquisa se não quiser e não terá nenhum problema se desistir. Em caso de dúvida, você poderá entrar em contato comigo, pesquisador (a) responsável Carmes Ana da rosa Batistella, ou com a orientadora da pesquisa Professora Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas, nos telefones: (63) 9845121612/ (62) 98111-9723 ou e-mails: carmesbatistella@hotmail.com/raquelmarram@gmail.com. A pesquisa será feita em sua sala de aula com atividades para serem realizadas em grupos, durante 5 semanas, sem alteração de conteúdos programados.

Esta pesquisa tem como objetivo saber se vocês (estudantes) aprendem conhecimentos científicos no Ensino Médio e, se são capazes de praticar esses conhecimentos em situações da vida cotidiana. Se você quiser participar, durante suas aulas normais em sala, iremos: a) formar grupos porque as atividades são interativas (coletivas). Todos os dias o professor explicará a atividade de Física que será feita sobre Calor; b) ler textos, assistir vídeos, realizar experimentos simples, fazer esquemas, resolver problemas, discutir sobre eles, falar sobre suas ideias, escrever suas ideias em folhas de papel; c) por último, você e o seu grupo responderão algumas perguntas para observação de como você e o seu grupo aprenderam o conceito Calor; d) as atividades e desenhos que você fizer serão recolhidos para o estudo da pesquisa e todas elas serão filmadas por um ajudante da pesquisadora. Os riscos que você terá ao participar do estudo será ficar cansado de fazer tantas atividades sobre calor durante 6 semanas, Se isso acontecer, você pode sair da pesquisa sem ser repreendido e sem ter nenhum prejuízo, lembrando ainda que havendo qualquer problema você receberá assistência imediata, integral e gratuita, mas adotarei medidas de precaução e proteção, a fim de evitar ou diminuir eventuais danos que envolvam as dimensões físicas, psíquica, moral, intelectual, social e cultural dos participantes do estudo. Caso aconteça algo de errado, você receberá

assistência total e gratuita por danos diretos e indiretos, imediatos ou tardios e sem custo. Este estudo tem como benefício melhorar a sua aprendizagem de conhecimentos científicos em interação com os colegas na sala de aula, assim como a transformação do processo de ensino-aprendizagem em momento de investigação dos conteúdos ensinados. Os resultados da pesquisa serão divulgados para o professor, a diretora e seus responsáveis, mas não daremos o seu nome aos outros. Qualquer dúvida que você tiver, pode me perguntar quando quiser.

Eu, _____ aceito participar da pesquisa. Entendi que posso desistir de participar a qualquer momento e que isto não terá nenhum problema. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis.

Anápolis, _____ de _____ de 2019.

_____/_____/2019.

Estudante Participante da Pesquisa

_____/_____/2019.

Carmes Ana da Rosa Batistella
Pesquisadora - Doutoranda

ANEXO F – Parecer substanciado do Comitê de Ética da PUC Goiás



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA; CONTRIBUIÇÕES DAS TEORIAS DE DAVYDOV E DE HEDEGAARD

Pesquisador: CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA **Área Temática:**

Versão: 2

CAAE: 10715019.3.0000.0037

Instituição Proponente: Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC/Goias

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.291.822

Apresentação do Projeto:

É um projeto de pesquisa de Doutorado em Educação, cuja orientadora é a Professora Dra Raquel Aparecida Marra da Madeira Freitas. Será um estudo investigativo sobre o ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio. A hipótese levantada é abordar a questão de como estruturar e implementar o ensino para a formação de conceitos teóricos pelos alunos, a partir de um aporte teórico que valorize o desenvolvimento dos alunos, em uma perspectiva materialista histórica dialética. O local da pesquisa será no Instituto federal de Goiás, Campus de Anápolis e a coleta de dados constituirá de avaliação diagnóstica do conhecimento prévio dos alunos; observação direta das aulas durante a realização da atividade de estudo; análise documental dos materiais didáticos; entrevista semiestruturada com o professor e alunos.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Organizar, desenvolver e analisar o processo de ensino e aprendizagem do conceito calor, na disciplina Física, no Instituto federal de Goiás, campus de Anápolis, tendo como referência princípios e conceitos da teoria de V. V. Davydov e de M. Hedegaard.

Objetivo Secundário: a) Realizar uma análise lógico-histórica do conceito "calor" como base para organizar a atividade de estudo proposta aos alunos;

b) Organizar e realizar o ensino do conceito "calor", envolvendo os alunos em uma atividade de

Endereço: Av. Universitária, N.º 1.069
Bairro: Setor Universitário **CEP:** 74.605-010
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3946-1512 **Fax:** (62)3946-1070 **E-mail:** cep@pucgoias.edu.br



Continuação do Parecer: 3.291.822

Página 01 de

estudo fundamentada na teoria do ensino desenvolvimental;

c) Analisar as tensões, desafios e contribuições do ensino desenvolvimental, considerando o contextosociocultural da escola e dos alunos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Haverá riscos mínimos aos participantes da pesquisa, pois a entrevista consistirá em uma conversa com tema pertinente à sua vivência e ao seu conhecimento como estudante. Os possíveis riscos a que você poderá estar sujeito são: constrangimento e exposição ao responder perguntas que julgar lhe causarem exposição ou constrangimento ou que, por qualquer razão, não desejar responder. A entrevista será interrompida caso você sinta cansaço ou qualquer desconforto que o prejudique ou que interfira no seu andamento. Você também pode a qualquer momento solicitar que a entrevista seja interrompida. Enquanto pesquisadora responsável pelo estudo declaro: que você terá acesso, caso seja necessário, a assistência integral e gratuita por danos diretos e indiretos oriundos, imediatos ou tardios devido a sua participação neste estudo; que toda informação será absolutamente confidencial e sigilosa; que sua desistência em participar deste estudo não lhe trará quaisquer penalizações; que será devidamente ressarcida(o) em caso de custos para participar desta pesquisa; que será indenizada(o) se for submetida(o) a algum dano moral ou material; e que acatarei decisões judiciais que possam suceder. Como pesquisadora, adotarei medidas de precaução e proteção, a fim de evitar ou atenuar eventuais danos que envolvam as dimensões físicas, psíquica, moral, intelectual, social e cultural dos estudantes, em qualquer etapa da pesquisa e dela decorrente.

Benefícios: Está sendo considerada como benefício direto da sua participação na pesquisa a possível aquisição de conhecimentos em decorrência da experiência da participação. Quanto a outros benefícios, espera-se que os dados obtidos com a participação dos estudantes proporcionem uma melhor compreensão dos mesmos sobre a organização do ensino firmada na Teoria do Ensino Desenvolvimental e a produção de conhecimento científico para a área da educação, principalmente, aos envolvidos na pesquisa. Outro benefício decorrente de sua participação e de sua colaboração, é a possibilidade de também se apropriar e aprofundar nas contribuições de Davydov e de Hedegaard sobre a organização do ensino do conceito Calor, pondo em prática os princípios da Teoria do Ensino Desenvolvimental. Espera-se também que os estudantes tenham a oportunidade de compreender o processo de formação de conceitos e em particular os conceitos na área da Física.

Endereço: Av. Universitária, N.º 1.069		
Bairro: Setor Universitário	CEP: 74.605-010	
UF: GO	Município: GOIANIA	
Telefone: (62)3946-1512	Fax: (62)3946-1070	E-mail: cep@pucgolas.edu.br

04



Continuação do Parecer: 3.251.822

Página 02 de

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisadora utilizará o software webQDA como recurso computacional para facilitar a análise qualitativa.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Não há.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Este projeto contempla todos os aspectos propostos pelas Resoluções 486/2012 e 510/2016. Sendo assim, está aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Após avaliação deste Comitê de Ética em Pesquisa, o mesmo decide considerar o projeto APROVADO.

INFORMAÇÕES AO PESQUISADOR REFERENTE À APROVAÇÃO DO REFERIDO PROTOCOLO:

1. A aprovação deste, conferida pelo CEP PUC Goiás, não isenta o Pesquisador de prestar satisfação sobre sua pesquisa em casos de alterações metodológicas, principalmente no que se refere à população de estudo ou centros participantes/coparticipantes.
2. O pesquisador responsável deverá encaminhar ao CEP PUC Goiás, via Plataforma Brasil, relatórios semestrais do andamento do protocolo aprovado, quando do encerramento, as conclusões e publicações. O não cumprimento deste poderá acarretar em suspensão do estudo.
3. O CEP PUC Goiás poderá realizar escolha aleatória de protocolo de pesquisa aprovado para verificação do cumprimento das resoluções pertinentes.
4. Cabe ao pesquisador cumprir com o preconizado pelas Resoluções pertinentes à proposta de pesquisa aprovada, garantindo seguimento fiel ao protocolo.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
----------------	---------	----------	-------	----------

Endereço: Av. Universitária, N.º 1.069

Bairro: Setor Universitário

CEP: 74.605-010

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3946-1512

Fax: (62)3946-1070

E-mail: cep@puccolas.edu.br

04



Continuação do Parecer: 3.291.822

Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_1321860.pdf	16/04/2019 14:29:56		Aceito
--------------------------------	---	------------------------	--	--------

Página 03 de

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	16/04/2019 14:26:56	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	TCLE_responsavel_Resposta_pendenci a.docx	16/04/2019 14:24:57	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	Declaracao_resposta_pendencia.pdf	16/04/2019 14:24:30	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	projeto_resposta_a_pendencia.doc	16/04/2019 14:16:24	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	curriculo_regente_lucas.pdf	01/04/2019 16:23:34	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	Curriculo_assistente_raquel.pdf	01/04/2019 16:22:42	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	curriculo_pesquisador_carmes.pdf	01/04/2019 16:22:19	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	26/03/2019 17:13:52	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_assentimento_estudante.pdf	26/03/2019 08:57:45	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_docente.pdf	26/03/2019 08:56:26	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

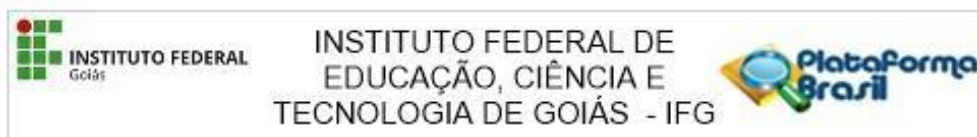
Não

GOIANIA, 29 de Abril de 2019

Assinado por:
ROGÉRIO JOSÉ DE ALMEIDA
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Universitária, N.º 1.069
 Bairro: Setor Universitário CEP: 74.605-010
 UF: GO Município: GOIANIA
 Telefone: (62)3946-1512 Fax: (62)3946-1070 E-mail: cep@pucgoias.edu.br

ANEXO G – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética do IFG



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CONTRIBUIÇÕES DAS TEORIAS DE DAVYDOV E DE HEDEGAARD

Pesquisador: CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 10715019.3.3001.8082

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DE GOIAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.330.023

Apresentação do Projeto:

Título da Pesquisa: "ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CONTRIBUIÇÕES DAS TEORIAS DE DAVYDOV E DE HEDEGAARD".

Pesquisador: CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA.

Versão: 1/3.

CAAE: 10715019.3.3001.8082.

Instituição Pontifícia: Universidade Católica de Goiás - PUC/Goiás.

Grandes Áreas do Conhecimento (CNPq): Ciências Humanas/Ciências Sociais Aplicadas.

Objetivo da Pesquisa:

Textos extraídos das informações básicas sobre o projeto:

- "... processo de ensino e aprendizagem do conceito calor, na disciplina Física, no Instituto federal de Goiás, campus de Anápolis, tendo como referência princípios e conceitos da teoria de V. V. Davydov e de M. Hedegaard.." (Objetivo Primário)
- "...ensino do conceito "calor", envolvendo os alunos em uma atividade de estudo fundamentada na teoria do ensino desenvolvimental." (Objetivo Secundário)
- Analisar as tensões, desafios e contribuições do ensino desenvolvimental, considerando o

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND n° 1.658

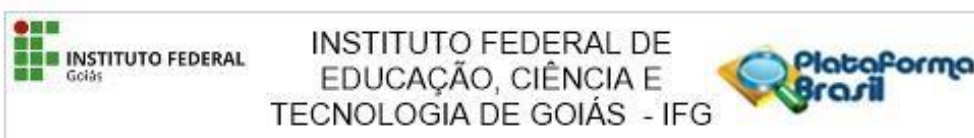
Bairro: SETOR OESTE

CEP: 74.130-012

UF: GO **Município:** GOIANIA

Telefone: (62)3612-2237

E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

contexto sociocultural da escola e dos alunos." (Objetivo Secundário)

Texto extraído do projeto detalhado:

a) "Analisar o aporte da teoria do ensino desenvolvimental para o ensino de Física no Ensino Médio empregando o conceito calor como objeto da aprendizagem dos alunos" OBJETIVO GERAL; pág. 5)

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa está de acordo com a Norma Operacional do CNS 001/2013, item 3.4.1, inciso 4.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

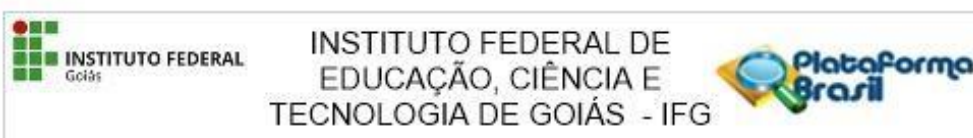
a) Riscos:

Haverá riscos mínimos aos participantes da pesquisa, pois a entrevista consistirá em uma conversa com tema pertinente à sua vivência e ao seu conhecimento como estudante. Os possíveis riscos a que você poderá estar sujeito são: constrangimento e exposição ao responder perguntas que julgar lhe causarem exposição ou constrangimento ou que, por qualquer razão, não desejar responder. A entrevista será interrompida caso você sinta cansaço ou qualquer desconforto que o prejudique ou que interfira no seu andamento. Você também pode a qualquer momento solicitar que a entrevista seja interrompida. Enquanto pesquisadora responsável pelo estudo declaro: que você terá acesso, caso seja necessário, a assistência integral e gratuita por danos diretos e indiretos oriundos, imediatos ou tardios devido a sua participação neste estudo; que toda informação será absolutamente confidencial e sigilosa; que sua desistência em participar deste estudo não lhe trará quaisquer penalizações; que será devidamente ressarcida(o) em caso de custos para participar desta pesquisa; que será indenizada(o) se for submetida(o) a algum dano moral ou material; e que acatarei decisões judiciais que possam suceder. Como pesquisadora, adotarei medidas de precaução e proteção, a fim de evitar ou atenuar eventuais danos que envolvam as dimensões físicas, psíquica, moral, intelectual, social e cultural dos estudantes, em qualquer etapa da pesquisa e dela decorrente." (Informações básicas do projeto; item: Riscos)

b) Benefícios:

"Está sendo considerada como benefício direto da sua participação na pesquisa a possível aquisição de conhecimentos em decorrência da experiência da participação. Quanto a outros

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658	CEP: 74.130-012
Bairro: SETOR OESTE	
UF: GO	Município: GOIANIA
Telefone: (62)3612-2237	E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

benefícios, espera-se que os dados obtidos com a participação dos estudantes proporcionem uma melhor compreensão dos mesmos sobre a organização do ensino firmada na Teoria do Ensino Desenvolvimental e a produção de conhecimento científico para a área da educação, principalmente, aos envolvidos na pesquisa. Outro benefício decorrente de sua participação e de sua colaboração, é a possibilidade de também se apropriar e aprofundar nas contribuições de Davydov e de Hedegaard sobre a organização do ensino do conceito Calor, pondo em prática os princípios da Teoria do Ensino Desenvolvimental. Espera-se também que os estudantes tenham a oportunidade de compreender o processo de formação de conceitos e em particular os conceitos na área da Física." (Informações básicas do projeto; item: Benefícios)

Parecer: atende à legislação.

O projeto observa a Resolução CNS 466/2012, capítulo V, itens V.3, V.6 e V.7 e a Resolução CNS 510/2016, capítulo IV, artigo 19 e seus respectivos parágrafos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

1) Tema e objeto da pesquisa

Tema:

"...princípios defendidos por Davydov e Hedegaard, em relação ao ensino e o desenvolvimento de estudantes." (Informações básicas do projeto; item:Resumo)
dos referenciais imagéticos..." ((Projeto detalhado; item: REFERENCIAL TEÓRICO, pág. 5)

Objeto da pesquisa:

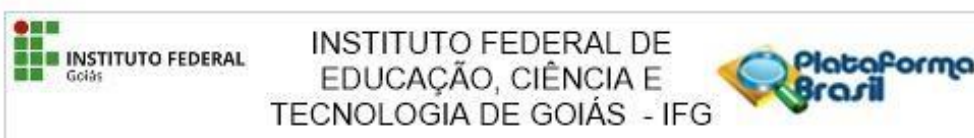
"...experimento didático formativo e se desenvolverá pelos procedimentos de análise bibliográfica e pesquisa de campo, no Instituto Federal de Goiás, Campus de Anápolis," (Informações básicas do projeto; item: Desenho)

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa está de acordo com a Norma Operacional do CNS 001/2013, item 3.4.1, incisos 1 e 2.

2) Relevância social

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658	CEP: 74.130-012
Bairro: SETOR OESTE	
UF: GO	Município: GOIANIA
Telefone: (62)3612-2237	E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

"...despertar e brindar espectadores/transeuntes com performances e reflexões públicas chamando atenção para o fato de que esses espaços importam porque, de algumas mudanças nos procedimentos didático-pedagógicos do ensino de Física, em particular do conceito Calor, podendo, também, fornecer elementos para a discussão de mudanças na formação de professores nos cursos de Licenciatura em Física." (Informações básicas do projeto; item: Desfecho Primário)

"...teoria do ensino desenvolvimental em Davydov e Hedegaard, para ensinar conteúdos escolares de Física, na busca da formação do pensamento teórico dos alunos. Que a pesquisa possa fortalecer a compreensão quanto ao papel social da escola e da educação escolar." (Informações básicas do projeto; item: Desfecho Secundário)

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa adequa-se ao previsto na Norma Operacional do CNS 001/2013, item 3.4.1, inciso 3.

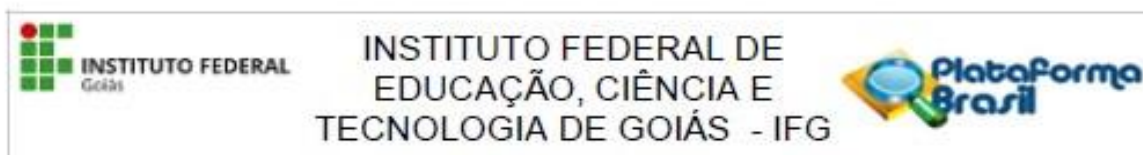
3) Metodologia, incluindo local, população e amostra, métodos de coleta

"...Serão realizadas pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. A pesquisa bibliográfica abrangerá o período de 2008 a 2018 e será realizada a partir das bases de dados no Portal de periódicos Capes, em artigos científicos sobre o tema Ensino de Física no Ensino Médio. A pesquisa de campo acontecerá no Instituto federal de Goiás, Campus de Anápolis, pelo método do experimento didático formativo de V. V. Davydov e M. Hedegaard, tendo como objeto da aprendizagem o conceito Calor. A coleta de dados abrangerá: a) avaliação diagnóstica do conhecimento prévio dos alunos por meio de um instrumento de natureza qualitativa; b) observação direta das aulas durante a realização da atividade de estudo por um professor colaborador da pesquisa; c) análise documental dos materiais didáticos relacionados às tarefas e ações dos alunos; d) entrevista semiestruturada com o professor e alunos..." (Informações básicas do projeto; item: Metodologia Proposta)

"A população prevista para a pesquisa será composta por uma turma de 27 estudantes do Curso Técnico Integrado ao ensino Médio em Comércio Exterior. O docente da turma também participará da pesquisa." (Informações básicas do projeto; item: Desenho)

Parecer: atende à legislação.

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658	CEP: 74.130-012
Bairro: SETOR OESTE	
UF: GO	Município: GOIANIA
Telefone: (62)3612-2237	E-mail: cep@ifg.edu.br



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CONTRIBUIÇÕES DAS TEORIAS DE DAVYDOV E DE HEDEGAARD

Pesquisador: CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 10715019.3.3001.8082

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DE GOIAS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.330.023

Apresentação do Projeto:

Título da Pesquisa: "ENSINO DE CONCEITOS DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CONTRIBUIÇÕES DAS TEORIAS DE DAVYDOV E DE HEDEGAARD".

Pesquisador: CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA.

Versão: 1/3.

CAAE: 10715019.3.3001.8082.

Instituição Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC/Goiás.

Grandes Áreas do Conhecimento (CNPq): Ciências Humanas/Ciências Sociais Aplicadas.

Objetivo da Pesquisa:

Textos extraídos das informações básicas sobre o projeto:

- a) "... processo de ensino e aprendizagem do conceito calor, na disciplina Física, no Instituto federal de Goiás, campus de Anápolis, tendo como referência princípios e conceitos da teoria de V. V. Davydov e de M. Hedegaard..." (Objetivo Primário)
- b) "...ensino do conceito "calor", envolvendo os alunos em uma atividade de estudo fundamentada na teoria do ensino desenvolvimental." (Objetivo Secundário)
- c) Analisar as tensões, desafios e contribuições do ensino desenvolvimental, considerando o

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658

Bairro: SETOR OESTE

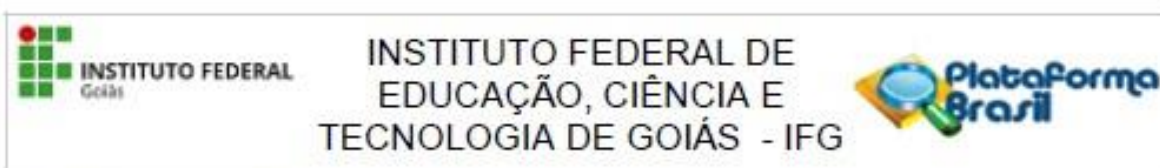
CEP: 74.130-012

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3612-2237

E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

contexto sociocultural da escola e dos alunos." (Objetivo Secundário)

Texto extraído do projeto detalhado:

a) "Analisar o aporte da teoria do ensino desenvolvimental para o ensino de Física no Ensino Médio empregando o conceito calor como objeto da aprendizagem dos alunos" OBJETIVO GERAL; pág. 5)

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa está de acordo com a Norma Operacional do CNS 001/2013, item 3.4.1, inciso 4.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

a) Riscos:

Haverá riscos mínimos aos participantes da pesquisa, pois a entrevista consistirá em uma conversa com tema pertinente à sua vivência e ao seu conhecimento como estudante. Os possíveis riscos a que você poderá estar sujeito são: constrangimento e exposição ao responder perguntas que julgar lhe causarem exposição ou constrangimento ou que, por qualquer razão, não desejar responder. A entrevista será interrompida caso você sinta cansaço ou qualquer desconforto que o prejudique ou que interfira no seu andamento. Você também pode a qualquer momento solicitar que a entrevista seja interrompida. Enquanto pesquisadora responsável pelo estudo declaro: que você terá acesso, caso seja necessário, a assistência integral e gratuita por danos diretos e indiretos oriundos, imediatos ou tardios devido a sua participação neste estudo; que toda informação será absolutamente confidencial e sigilosa; que sua desistência em participar deste estudo não lhe trará quaisquer penalizações; que será devidamente ressarcida(o) em caso de custos para participar desta pesquisa; que será indenizada(o) se for submetida(o) a algum dano moral ou material; e que acatarei decisões judiciais que possam suceder. Como pesquisadora, adotarei medidas de precaução e proteção, a fim de evitar ou atenuar eventuais danos que envolvam as dimensões físicas, psíquica, moral, intelectual, social e cultural dos estudantes, em qualquer etapa da pesquisa e dela decorrente." (Informações básicas do projeto; item: Riscos)

b) Benefícios:

"Está sendo considerada como benefício direto da sua participação na pesquisa a possível aquisição de conhecimentos em decorrência da experiência da participação. Quanto a outros

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658

Bairro: SETOR OESTE

CEP: 74.130-012

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3612-2237

E-mail: cep@ifg.edu.br



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE GOIÁS - IFG



Continuação do Parecer: 3.330.023

benefícios, espera-se que os dados obtidos com a participação dos estudantes proporcionem uma melhor compreensão dos mesmos sobre a organização do ensino firmada na Teoria do Ensino Desenvolvimental e a produção de conhecimento científico para a área da educação, principalmente, aos envolvidos na pesquisa. Outro benefício decorrente de sua participação e de sua colaboração, é a possibilidade de também se apropriar e aprofundar nas contribuições de Davydov e de Hedegaard sobre a organização do ensino do conceito Calor, pondo em prática os princípios da Teoria do Ensino Desenvolvimental. Espera-se também que os estudantes tenham a oportunidade de compreender o processo de formação de conceitos e em particular os conceitos na área da Física." (Informações básicas do projeto; item: Benefícios)

Parecer: atende à legislação.

O projeto observa a Resolução CNS 466/2012, capítulo V, itens V.3, V.6 e V.7 e a Resolução CNS 510/2016, capítulo IV, artigo 19 e seus respectivos parágrafos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

1) Tema e objeto da pesquisa

Tema:

"...princípios defendidos por Davydov e Hedegaard, em relação ao ensino e o desenvolvimento de estudantes." (Informações básicas do projeto; item:Resumo)

dos referenciais imagéticos..." ((Projeto detalhado; item: REFERENCIAL TEÓRICO, pág. 5)

Objeto da pesquisa:

"...experimento didático formativo e se desenvolverá pelos procedimentos de análise bibliográfica e pesquisa de campo, no Instituto Federal de Goiás, Campus de Anápolis." (Informações básicas do projeto; item: Desenho)

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa está de acordo com a Norma Operacional do CNS 001/2013, item 3.4.1, incisos 1 e 2.

2) Relevância social

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658

Bairro: SETOR OESTE

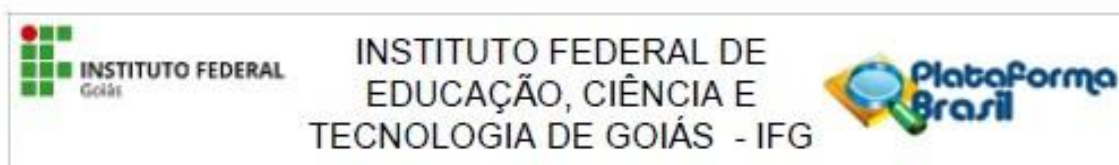
CEP: 74.130-012

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3612-2237

E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

"...despertar e brindar espectadores/transeuntes com performances e reflexões públicas chamando atenção para o fato de que esses espaços importam porque, de algumas mudanças nos procedimentos didático-pedagógicos do ensino de Física, em particular do conceito Calor, podendo, também, fornecer elementos para a discussão de mudanças na formação de professores nos cursos de Licenciatura em Física." (Informações básicas do projeto; item: Desfecho Primário)

"...teoria do ensino desenvolvimental em Davydov e Hedegaard, para ensinar conteúdos escolares de Física, na busca da formação do pensamento teórico dos alunos. Que a pesquisa possa fortalecer a compreensão quanto ao papel social da escola e da educação escolar." (Informações básicas do projeto; item: Desfecho Secundário)

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa adequa-se ao previsto na Norma Operacional do CNS 001/2013, item 3.4.1, inciso 3.

3) Metodologia, incluindo local, população e amostra, métodos de coleta

"...Serão realizadas pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. A pesquisa bibliográfica abrangerá o período de 2008 a 2018 e será realizada a partir das bases de dados no Portal de periódicos Capes, em artigos científicos sobre o tema Ensino de Física no Ensino Médio. A pesquisa de campo acontecerá no Instituto federal de Goiás, Campus de Anápolis, pelo método do experimento didático formativo de V. V. Davydov e M. Hedegaard, tendo como objeto da aprendizagem o conceito Calor. A coleta de dados abrangerá: a) avaliação diagnóstica do conhecimento prévio dos alunos por meio de um instrumento de natureza qualitativa; b) observação direta das aulas durante a realização da atividade de estudo por um professor colaborador da pesquisa; c) análise documental dos materiais didáticos relacionados às tarefas e ações dos alunos; d) entrevista semiestruturada com o professor e alunos..." (Informações básicas do projeto; item: Metodologia Proposta)

"A população prevista para a pesquisa será composta por uma turma de 27 estudantes do Curso Técnico Integrado ao ensino Médio em Comércio Exterior. O docente da turma também participará da pesquisa." (Informações básicas do projeto; item: Desenho)

Parecer: atende à legislação.

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658

Bairro: SETOR OESTE

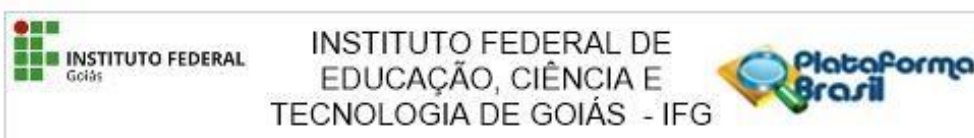
CEP: 74.130-012

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3612-2237

E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

O projeto de pesquisa está de acordo com a Resolução CNS 466/2012, capítulo III, itens III.2, alíneas a, b, c, e, g, i, j, k. Também se enquadra no prescrito pela Norma Operacional do CNS 001/2013, item 3.4.1, incisos 5, 6 e 8.

4) Avaliação do processo de obtenção do TCLE

Vide arquivo: TCLE_docente.pdf.

Vide arquivo: TCLE_responsavel_Resposta_pendencia.docx.

Vide arquivo: Termo_assentimento_estudante.pdf.

Parecer: atende à legislação.

O documento está de acordo com a Resolução CNS 466/2012, capítulo IV, itens IV.1, IV.2 e IV.3. O documento também observa o disposto na Resolução CNS 510/2016, capítulo III, art. 9, Capítulo III, art. 10 e Capítulo III, seção II, art. 17.

5) Garantias éticas aos participantes da pesquisa

Vide arquivo: TCLE_docente.pdf.

Vide arquivo: TCLE_responsavel_Resposta_pendencia.docx.

Vide arquivo: Termo_assentimento_estudante.pdf.

Parecer: atende à legislação.

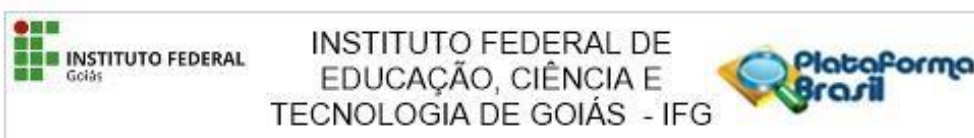
O projeto de pesquisa garante o prescrito na Resolução CNS 466/2012, capítulo III, itens III.1 e item III.2 e alíneas pertinentes, além do observado na Resolução CNS 510/2016, capítulo II, artigo 3º, nos itens aplicáveis, e o estabelecido na Norma Operacional CNS 001/2013, capítulo 3, item 3.4.1, inciso 7.

6) Critérios de inclusão e exclusão

Vide arquivo: projeto_resposta_a_pendencia.doc, item 6.2: Local da pesquisa e seleção dos participantes.

Parecer: atende à legislação.

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658	CEP: 74.130-012
Bairro: SETOR OESTE	
UF: GO	Município: GOIANIA
Telefone: (62)3612-2237	E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

O projeto de pesquisa apresentado adequa-se ao previsto na Norma Operacional CNS 001/2013, capítulo 3, item 3.4.1, inciso 11.

7) Critérios de encerramento ou suspensão da pesquisa

Ausente.

Parecer: O projeto de pesquisa não apresenta evidencia de acatar o o recomendado pela Norma Operacional CNS 001/2013, capítulo 3, item 3.4.1, inciso 13 e o sugerido na Resolução CNS 466/2012, capítulo XI, item XI.2, alínea h.

8) Resultados do estudo

"Espera-se que os resultados dessa pesquisa contribuam para mostrar uma alternativa teórico-metodológica ao ensino de Física, oferecendo a pesquisadores e professores do ensino médio uma compreensão sobre quais os alcances dessa teoria, quais as necessidades e exigências para sua implementação na prática, desde a compreensão do papel do conceito em sua forma teórica no desenvolvimento do aluno, até a análise das possibilidades e conseqüências de sua introdução na prática pedagógica." (Projeto detalhado; item: RESULTADOS ESPERADOS, pág. 17).

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa atende o requisitado na Norma Operacional CNS 001/2013, capítulo 3, item 3.4.1, inciso 14 e na Resolução CNS 510/2016, capítulo III, artigo 17, item VI.

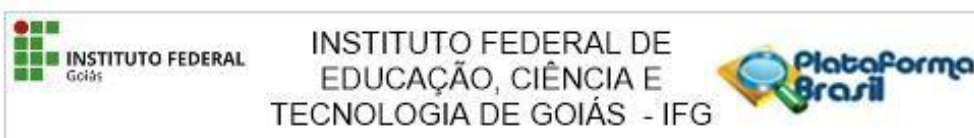
9) Divulgação dos resultados

Vide arquivo: projeto_resposta_a_pendencia.doc, item 10.1: Recursos Humanos e responsabilidades no projeto.

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa obedece ao recomendado na Norma Operacional CNS 001/2013, capítulo 3, item 3.4.1, inciso 15 e na resolução CNS 466/2012, capítulo XI, item XI.2, alínea g.

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658	CEP: 74.130-012
Bairro: SETOR OESTE	
UF: GO Município: GOIANIA	
Telefone: (62)3612-2237	E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

10) Cronograma

Vide tabela constante no arquivo: projeto_resposta_a_pendencia.doc, item 9; CRONOGRAMA.

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa atende o disposto na Norma Operacional CNS 001/2013, capítulo 3, item 3.4.1, inciso 9.

11) Orçamento

Vide tabela constante no arquivo: projeto_resposta_a_pendencia.doc, item 10; ORÇAMENTO.

Parecer: atende à legislação.

O projeto de pesquisa atende o disposto na Norma Operacional CNS 001/2013, capítulo 3, item 3.3, alínea e e capítulo 3, item 3.4.1, inciso 10.

12) Compatibilidade entre currícula dos pesquisadores e a pesquisa

Vide arquivo: Curriculo_assistente_raquel.pdf.

Vide arquivo: curriculo_pesquisador_carmes.pdf.

Vide arquivo: curriculo_regente_lucas.pdf.

Parecer: atende à legislação.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

1) Folha de Rosto

Vide arquivo: folha_de_rosto.pdf

Parecer: atende à legislação.

Preenchida e assinada pelo pesquisador e pelo dirigente da instituição proponente.

2) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658

Bairro: SETOR OESTE

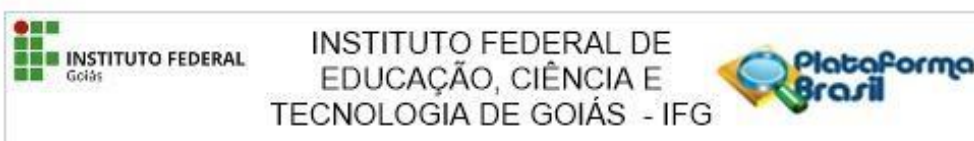
CEP: 74.130-012

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3612-2237

E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

- a) Ok: justificativa(ok), objetivos (ok) e procedimentos metodológicos(ok);
- b) Ok: explicação dos possíveis desconfortos e riscos decorrentes da participação na pesquisa e apresentação das providências para reduzir esses efeitos, além dos benefícios esperados;
- c) Ok: esclarecimento sob a forma de acompanhamento e assistência aos participantes da pesquisa;
- d) Ok: garantia de liberdade de recusa de participação e/ou retirada da pesquisa sem penalizações;
- e) Ok: garantia de sigilo e privacidade;
- f) Ok: garantia do recebimento do TCLE (em vias e não cópias);
- g) Ok: explicitação da garantia do ressarcimento;
- h) Ok: garantia de indenização diante de danos eventuais;
- i) Ok: dados de contato do pesquisador e do CEP.

Parecer: atende à legislação.

3) Termo de compromisso

Vide arquivo: TCLE_responsavel_Resposta_pendencia.docx.

Parecer atende à legislação.

4) Termos de Anuência das Instituições Coparticipantes

Vide arquivo: Declaracao_resposta_pendencia.pdf.

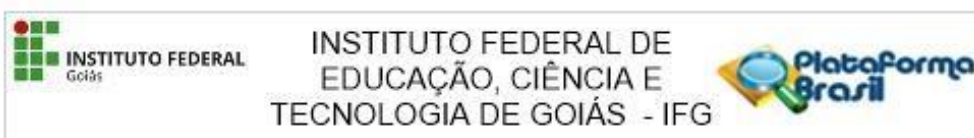
Parecer: atende à legislação.

5) Projeto Detalhado

Vide arquivo: projeto.pdf.

Parecer: Pendente.

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658	CEP: 74.130-012
Bairro: SETOR OESTE	
UF: GO	Município: GOIANIA
Telefone: (62)3612-2237	E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

6) Termos e demais documentos anexado

1. Currículo_assistente_raquel.pdf.
2. curriculo_pesquisador_carmes.pdf.
3. curriculo_regente_lucas.pdf.
4. Declaracao_resposta_pendencia.pdf.
5. folha_de_rosto.pdf.
6. PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1321860.pdf.
7. PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1321880.pdf.
8. PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_3291822.pdf.
9. projeto.pdf.
10. projeto_resposta_a_pendencia.doc.
11. TCLE_docente.pdf.
12. TCLE_responsavel_Resposta_pendencia.docx.
13. Termo_assentimento_estudante.pdf.

Recomendações:

- 1) Incluir no projeto detalhado texto que vincule assistência imediata aos participantes da pesquisa caso os mesmos apresentem algum dano ou efeito adverso à saúde física ou psíquica proveniente da aplicação da pesquisa.
- 2) Incluir no projeto informação sobre comunicação ao CEP/CONEP sobre eventual interrupção, encerramento, suspensão ou não publicação dos resultados da pesquisa.

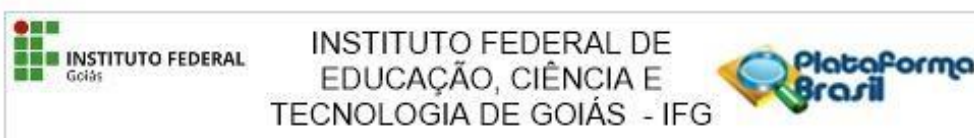
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As recomendações acima não constituem entraves a gerar nova análise do processo. Assim, o processo encontra-se, sob a ótica da legislação, compatível com a regulamentação de Ética em Pesquisa, embora a inclusão dos itens acima mencionados sejam elementos que harmonizam o regulamentado na legislação pertinente ao apresentado no projeto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado pesquisador, o CEP/IFG informa que o seu projeto de pesquisa intitulado "ENSINO DE

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658	CEP: 74.130-012
Bairro: SETOR OESTE	
UF: GO Município: GOIANIA	
Telefone: (62)3612-2237	E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

CONCEITOS DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: CONTRIBUIÇÕES DAS TEORIAS DE DAVYDOV E DE HEDEGAARD*, CAAE: 10715019.3.3001.8082, foi aprovado. Caso haja alguma modificação solicitamos que a mesma seja inserida como uma emenda para avaliação via a Plataforma Brasil.

É imprescindível que ao se finalizar a pesquisa seja submetido o Relatório Final, via Plataforma Brasil, conforme a Norma Operacional CNS 001/2013. Segundo essa normativa o prazo para o envio do Relatório Final será no máximo de 60 (sessenta) dias após o término da pesquisa. O modelo do Relatório Final encontra-se disponível no site do CEP/IFG.

Conforme preconizado pela Resolução CNS 466/2012, Capítulo IX, item: XI.2, alínea f, é de responsabilidade do pesquisador e cabe ao mesmo, de modo indelegável e indeclinável, manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

Em caso de submissão de novos projetos de pesquisa e emendas, os documentos somente serão aceitos se estiverem em conformidade com os modelos disponíveis no site do CEP/IFG:

<http://www.ifg.edu.br/component/content/article/271-ifg/a-instituicao/comites/cep/126-comite-de-etica-em-pesquisa>.

Atenciosamente,

Comitê de Ética em Pesquisa/CEP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/IFG

Horário de funcionamento: de 14:00 h às 18:00 h

Site: <http://www.ifg.edu.br/component/content/article/271-ifg/a-instituicao/comites/cep/126-comite-de-etica-em-pesquisa>

Telefone: (62) 3612 2237

Email: cep@ifg.edu.br

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	18/04/2019 14:26:56	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	TCLE_responsavel_Resposta_pendenc	18/04/2019	CARMES ANA DA	Aceito

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658

Bairro: SETOR OESTE

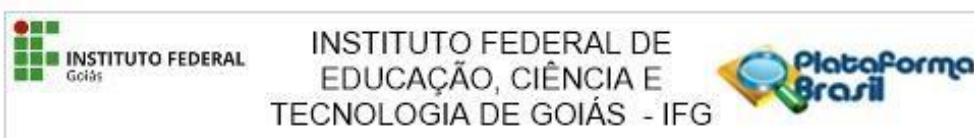
CEP: 74.130-012

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3612-2237

E-mail: cep@ifg.edu.br



Continuação do Parecer: 3.330.023

Outros	ia.docx	14:24:57	ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	Declaracao_resposta_pendencia.pdf	18/04/2019 14:24:30	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	projeto_resposta_a_pendencia.doc	18/04/2019 14:16:24	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	curriculo_regente_lucas.pdf	01/04/2019 16:23:34	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	Curriculo_assistente_raquel.pdf	01/04/2019 16:22:42	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
Outros	curriculo_pesquisador_carmes.pdf	01/04/2019 16:22:19	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_assentimento_estudante.pdf	28/03/2019 08:57:45	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_docente.pdf	28/03/2019 08:56:26	CARMES ANA DA ROSA BATISTELLA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

GOIANIA, 16 de Maio de 2019

Assinado por:
Simone Paixão Araújo
(Coordenador(a))

Endereço: ASSIS CHATEAUBRIAND nº 1.658
 Bairro: SETOR OESTE CEP: 74.130-012
 UF: GO Município: GOIANIA
 Telefone: (62)3612-2237 E-mail: cep@ifg.edu.br