



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS**

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS:
INTEGRAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE
TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA TÉRMICA NO ENSINO MÉDIO**

Fernanda Teresa Moro

Lajeado, dezembro de 2015

Fernanda Teresa Moro

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS:
INTEGRAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE TRANSFERÊNCIA
DE ENERGIA TÉRMICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Centro Universitário Univates, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, na área de Tecnologias, metodologias e recursos didáticos para o ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Professor Dr. Italo Gabriel Neide.

Coorientadora: Professora Dra. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt.

Lajeado, dezembro de 2015

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS:
INTEGRAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE TRANSFERÊNCIA
DE ENERGIA TÉRMICA NO ENSINO MÉDIO**

Fernanda Teresa Moro

A banca examinadora aprova a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, Tecnologias, Metodologias e Recursos Didáticos para o Ensino de Ciências Exatas.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Italo Gabriel Neide - Orientador
Centro Universitário UNIVATES

Prof^a.Dra. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt - Coorientadora
Centro Universitário UNIVATES

Dra. Maria Madalena Dullius
Avaliador 1

Dra. Isabel Krey Garcia
Avaliador 2

Dr. José Claudio Del Pino
Avaliador 3

Lajeado - RS, dezembro de 2015

*Dedico este trabalho às pessoas
mais importantes de minha vida:
meus pais, Odilmo Moro e Nelcir Moro,
e Daniel Casagrande,
que sempre foram meus
maiores exemplos e
meu porto seguro.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização desta pesquisa. As palavras de apoio e incentivo, as orientações e ideias, bem como as necessárias correções foram essenciais para que eu conseguisse percorrer esta caminhada com motivação e sucesso.

Agradeço a Deus pelas oportunidades e vivências maravilhosas nesta etapa de estudo.

Aos meus pais e a Daniel, que são meu maior exemplo e porto seguro, sempre me incentivando e aguentando os momentos de estresse. Agora poderemos aproveitar mais momentos juntos.

Ao Professor. Dr. Italo Gabriel Neide e à Professora Dra. Márcia Jussara Hepp Rehfeldt agradeço de forma especial. Além de grandes orientações e contribuições sempre me apoiaram. São profissionais que levo como exemplo para a minha caminhada na educação.

Aos demais familiares e amigos que sempre me apoiaram e incentivaram com palavras de carinho e apoio nos momentos em que mais precisei.

À Direção, Coordenação e alunos da 2ª série do Ensino Médio do Colégio Franciscano São José, que participaram com interesse e entusiasmo desta pesquisa.

Às professoras Dra. Maria Madalena Dullius e Dra. Isabel Krey Gracia pela participação na minha banca de qualificação, que muito contribuíram com as sugestões e melhorias indicadas naquele momento. Agradeço-lhes também por aceitarem o convite para participar da minha banca de defesa juntamente com o Professor Dr. José Claudio Del Pino, a quem estendo meus agradecimentos.

Enfim, obrigada a todos que de alguma forma me proferiram palavras de carinho, apoio, incentivo. Vocês me incentivaram e apoiaram em um momento muito importante de minha vida.

RESUMO

Esta dissertação aborda a utilização de atividades experimentais vinculadas às simulações computacionais como recurso para a aprendizagem significativa da transferência de energia térmica. O problema que embasou a pesquisa foi: Quais as implicações da integração das atividades experimentais e simulações computacionais na aprendizagem significativa dos estudantes no conteúdo de transferência de energia térmica? O estudo foi realizado em uma escola privada do município de Erechim, Rio Grande do Sul, tendo, como participantes, trinta e cinco estudantes do 2º ano do Ensino Médio. Os objetivos específicos elencados para esta pesquisa foram: Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados à transferência de energia térmica, bem como suas aplicações em situações do cotidiano; Desenvolver o conteúdo de transferência de energia térmica por meio da integração entre atividades experimentais e simulações computacionais durante as aulas de Física no 2º ano do Ensino Médio; Investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos sobre elementos importantes da Termologia (formas de propagação da energia térmica). A pesquisa é de natureza qualitativa. Para levantamento dos dados foi utilizado um questionário semiestruturado, questionamentos durante as atividades propostas, além de observações feitas em um diário de campo, fotos, filmagens e, por fim, a elaboração de um mapa conceitual. Os dados analisados apontaram que: a) os estudantes evidenciaram, no questionário semiestruturado dos conhecimentos prévios, antes da intervenção pedagógica, a falta de alguns subsunçores relacionados aos conceitos de propagação da energia térmica, pois não diferenciavam calor e temperatura, o que para muitos significavam sinônimos; b) o material elaborado e proposto nesta prática mostrou ser potencialmente significativo, pois contribuiu para que houvesse modificação, enriquecimento e elaboração de subsunçores presentes nas estruturas cognitivas de alguns alunos, possibilitando a verificação dos fenômenos que muitas vezes são observados no cotidiano, bem como a diferenciação entre as três formas de transferência de energia térmica e, a existência concomitante delas; c) os estudantes, diante da proposta apresentada, estavam motivados e predispostos para trabalhar com as atividades experimentais e as simulações, realizando estas com entusiasmo e demonstrando interesse, favorecendo a ocorrência da aprendizagem significativa; d) a elaboração dos mapas conceituais e sua apresentação (ao término das atividades propostas) evidenciaram alterações nos subsunçores dos estudantes, bem como apontaram que as atividades experimentais vinculadas às simulações computacionais podem ser uma ferramenta para auxiliar na aprendizagem de alguns conceitos de transferência de energia térmica.

Palavras chaves: Aprendizagem significativa. Atividades experimentais. Simulações computacionais. Energia térmica.

ABSTRACT

This essay approaches the application of experimental activities linked with computational simulations as a resource for the significant knowledge of the thermal energy transfer. The problem in which the research was based on was: what are the implications at the integration of experimental activities and computational simulations for the students significant learning at the subject of thermal energy transfer? The study was settled in a private school from the city of Erechim, Rio Grande do Sul, having as participants thirty five students from the second year of high school. The specific aims listed for this research were: to check previous knowledge from the students, related to thermal energy transfer, as well as its applications in daily situations; to develop the subject of thermal energy transfer by the integration between the experimental activities and computational simulations during the second year's high school Physics classes; to investigate whether the developed activities are potentially significant for students' well learning about main points of Thermology (ways of thermal energy propagation). The research has a qualitative nature. For data collection, a semi structured questionnaire was used, as well as questions during the proposed activities, besides observations done in a field diary, photographs, filming, and, in the final analysis, the elaboration of a conceptual map. The data analysis inferred that: a) students realized, at the semistructured questionnaire of previous knowledge before pedagogical intervention, the lack of some subsumers related to the concepts of thermal energy transfer, since they had not distinguished heat from temperature, what for the most of students, they were synonyms; b) the material created and proposed in this practice turned to be potentially significant, because it has contributed to have modification, enrichment and elaboration of subsumers presented in students' cognitive structures, providing the verification of phenomena which mostly were observed in daily life, as well as the differentiation among the three forms of thermal energy transfer and their concomitant existence; c) students, in face of the required proposal, showed to be motivated and predisposed to work with the experimental activities and simulations, doing it with enthusiasm and showing interest, making the significant learning possible; d) the elaboration of the field maps and its presentation have evidenced changings in students' subsumers, as well as it has pointed that experimental activities combined with computational simulations can be a tool to help the learning of some concepts of thermal energy transfer.

Key words: significant learning. Experimental activities. Computational simulations. Thermal energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora	25
Figura 2 – Mapa conceitual para transferência de energia térmica	26
Figura 3 – Mapa conceitual da Teoria de Ausubel	28
Figura 4 – Localização do município de Erechim, Rio Grande do Sul	56
Figura 5 – Estudantes da turma 222 respondendo o questionário inicial	59
Figura 6 - Esquema das atividades experimentais	61
Figura 7 – Alunos realizando a atividade sobre condução térmica	62
Figura 8 – Alunos realizando a atividade sobre convecção térmica	62
Figura 9 – Alunos realizando a atividade sobre radiação térmica	63
Figura 10 – Tela de apresentação do <i>Energy2D</i>	64
Figura 11 – Abertura do programa <i>Energy2D</i> e as opções dos conteúdos ...	65
Figura 12 – Página inicial do <i>PhET Interactives Simulations</i>	65
Figura 13 – Estudantes durante a execução das simulações propostas	66
Figura 14 – Estudantes elaborando o Mapa Conceitual	67
Figura 15 – Estudantes apresentando o Mapa Conceitual elaborado	67
Figura 16 – Gráfico das respostas convergentes e divergentes	70

Figura 17 – Percentual de respostas convergentes em cada questão	71
Figura 18 – Resposta dada à questão 1 pelo estudante E^5	71
Figura 19 – Respostas dadas à questão 1 - E^4 e E^{13} , respectivamente	72
Figura 20 – Respostas dadas à questão 2 pelos estudantes E^8 e E^{20}	73
Figura 21 – Respostas dadas à questão 2 - E^{16} , E^{17} e E^{28}	74
Figura 22 – Respostas dadas à questão 3 - E^8 , E^{25} e E^{33}	75
Figura 23 – Respostas da questão 4 - E^4 , E^{19} , E^{24} e E^{28}	77
Figura 24 – Respostas da questão 5 - estudantes E^4 e E^{29}	79
Figura 25 – Resposta da questão 4 apresentada pelo estudante E^{22}	80
Figura 26 – Respostas da questão 6 - E^5 , E^6 respectivamente	81
Figura 27 – Respostas da questão 6 apresentada pelo estudante E^{26}	82
Figura 28 – Resposta referente às aplicações no cotidiano sobre condução apresentadas pelos grupos G^1 e G^3	84
Figura 29 – Respostas apresentadas pelos grupos G^4 e G^5	85
Figura 30 – Respostas da atividade experimental sobre convecção térmica .	87
Figura 31 – Respostas apresentadas pelos grupos G^2 e G^6	88
Figura 32 – Resposta referente ao experimento ser realizado no espaço	89
Figura 33 – Respostas do grupo G^2 para o aquecimento dos termômetros ...	91
Figura 34 – Respostas apresentadas pelo grupo G^2	91
Figura 35 – Resposta para a as questões a e b dadas por S^1 e S^3	93
Figura 36 – Respostas para as questões c, d, e, respectivamente	94
Figura 37 – Associação entre atividade experimental e simulação	96
Figura 38 – Verificação da existência de mais de um modo de propagação da energia térmica	97
Figura 39 – Esquema da diferenciação progressiva e reconciliação integradora	97
Figura 40 – Respostas do grupo S^{12} para os questionamentos	98
Figura 41 – Comparação entre uma placa clara e escura	99

Figura 42 – Respostas do grupo S ¹¹ para o aquecimento dos termômetros .	100
Figura 43 – Principais elementos de um mapa conceitual	102
Figura 44 – Modelo de estrutura de mapas conceituais	103
Figura 45 – Mapa conceitual M ¹ elaborado pelos estudantes	105
Figura 46 – Mapa conceitual M ² elaborado pelos estudantes	106
Figura 47 – Mapa conceitual M ³ elaborado pelos estudantes	107
Figura 48 – Mapa conceitual M ⁴ elaborado pelos estudantes	109
Figura 49 – Mapa conceitual M ⁵ elaborado pelos estudantes	110
Figura 50 – Mapa conceitual M ⁶ elaborado pelos estudantes	112
Figura 51 – Mapa conceitual M ⁷ elaborado pelos estudantes	114
Figura 52 – Mapa conceitual M ⁶ elaborado pelos estudantes	115
Figura 53 – Mapa conceitual M ⁹ elaborado por um estudante	116
Figura 54 – Mapa conceitual M ¹⁰ elaborado pelos estudantes	117
Figura 55 – Mapa conceitual M ¹¹ elaborado pelos estudantes	118
Figura 56 – Mapa conceitual M ¹² elaborado pelos estudantes	119
Figura 57 – Mapa conceitual M ¹³ elaborado pelos estudantes	120
Figura 58 – Mapa conceitual M ¹⁴ elaborado pelos estudantes	121
Figura 59 – Mapa conceitual M ¹⁵	123
Figura 60 – Mapa conceitual M ¹⁶	124
Figura 61 – Mapa conceitual M ¹⁷	125
Figura 62 – Mapa conceitual M ¹⁸	126

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Aprendizagem significativa	20
2.2 A atividade experimental e o ensino da Física	29
2.3 Tecnologias e o ensino da Física	36
2.3.1. Detalhamento do programa <i>Energy2D</i> e do <i>PhET</i>	41
2.4 Modos de transferência de energia térmica	44
2.5 Estado da Arte	46
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	53
3.1 Delineamento da Pesquisa	53
3.2 Organização da Pesquisa	57
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
4.1 Análise do Questionário Semiestruturado	69
4.2 Análise das Atividades Experimentais	83
4.3 Análise das Simulações Computacionais	92
4.4 Análise dos Mapas Conceituais	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
REFERÊNCIAS	133
APÊNDICES	142

1 INTRODUÇÃO

Experiências empíricas mostram que a prática pedagógica desenvolvida por muitos professores no processo de ensino da Física baseia-se essencialmente na aplicação de fórmulas e apresentação de conceitos e leis. A atividade experimental, aliada às simulações, pode ser uma possibilidade de transição de um modelo de ensino transmissivo, baseado em cópias e centrado na atividade do professor, para a construção de formas alternativas de ensinar Física. A inserção de atividades experimentais – reais e virtuais – durante as aulas de Física pode ser uma possibilidade para o professor modificar o ensino baseado única e exclusivamente em aulas expositivas.

Nesse sentido, Teodoro e Veit (2002) enfatizam o uso de tecnologias como um facilitador nos processos de ensino e de aprendizagem, sobretudo no que se reporta a sistemas dinâmicos. Deste modo, entende-se que o ensino da Física não deve deter-se unicamente à teoria e ao “treino” de exercícios repetitivos. Faz-se necessário a busca de novas práticas pedagógicas que associem o conteúdo com atividades de interesse dos estudantes, atividades estas que aliem a teoria à prática, à aplicação.

Pesquisas como as de Veit, Araújo e Moreira (2004) apresentam uma revisão da literatura sobre estudos relativos às tecnologias computacionais no Ensino de Física. Estes apresentam uma tabela referente ao número de artigos publicados por categoria e por área da Física.

Os autores ressaltam que as pesquisas desenvolvidas nesta área estão concentradas em tópicos da Mecânica Newtoniana, abordada por meio de simulações e modelagem computacional, enquanto é baixa a escolha de tópicos relacionados à Óptica e à Física Moderna, por exemplo. Conforme os autores, não se encontra, na literatura, estudos envolvendo transferência de energia térmica, conteúdo abordado no 2º ano do Ensino Médio.

Pode-se perceber que já em 2004 havia, de acordo com os autores, a necessidade da abrangência das atividades experimentais e das simulações computacionais em outras áreas além da Mecânica, como o Eletromagnetismo, a Óptica, a Termodinâmica, a Relatividade e a Mecânica Quântica. De acordo com os autores, precisa haver uma reformulação do currículo de Física nas escolas e as tecnologias computacionais podem ter um papel importante nesse processo.

Baseado nas considerações acima postula-se se a integração entre as atividades experimentais e as tecnologias, como as simulações, contribuem significativamente para a compreensão por parte dos alunos das leis e princípios da Termologia – transferência de energia térmica, e de que modo o professor pode aliar a atividade experimental à simulação computacional, buscando a melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem.

É nesse contexto que se insere esta pesquisa, cuja proposta foi utilizar atividades experimentais integradas às simulações para uma melhor compreensão dos fenômenos relacionados à transferência de energia térmica. Muitas simulações computacionais podem ser utilizadas aliadas às atividades experimentais durante as aulas de Física, em especial, no tópico de Termologia, como por exemplo, o *Energy2D*, que foi utilizado nesta pesquisa. Araújo, Veit e Moreira (2012) destacam que nas aulas convencionais de Física em cursos de nível médio e superior verifica-se professores que associam o aprendizado a receitas de resolução de problemas, tendo algebrismos como foco; bem como docentes que abolem praticamente todo o formalismo necessário para uma compreensão adequada do conteúdo. Conforme os autores supracitados, um desafio que se apresenta é como representar fenômenos reais através de modelos, conceitos, trabalho colaborativo, formulação e teste de hipóteses para a sala de aula.

Ainda de acordo com estes autores, o desenvolvimento de atividades de ensino de Física, focadas em modelos, é a linha mais investigada nos últimos anos, associando o uso de microcomputadores no processo de criação e exploração de modelos computacionais por parte dos alunos. As atividades experimentais integradas com as simulações podem propiciar o desenvolvimento de aprendizagem significativa.

Para embasar teoricamente o estudo foi utilizada a aprendizagem significativa de Ausubel (2003) e as discussões dos estudos deste desenvolvidas por Moreira (2001), o uso de atividades experimentais e tecnologias como simulações computacionais durante as aulas de Física, discutidas por Veit, Araújo e Moreira, por exemplo. Com este estudo, conjuntamente com as atividades desenvolvidas e os resultados observados, espera-se que outros profissionais da área repensem a sua prática pedagógica.

Diante disso, esta pesquisa tem como tema a integração entre as simulações computacionais e as atividades experimentais no ensino da Física. O problema que embasou esta análise foi “Quais as implicações da integração das atividades experimentais e simulações computacionais na aprendizagem significativa dos estudantes no conteúdo de transferência de energia térmica no 2º ano do Ensino Médio em uma escola da rede particular, na cidade de Erechim/RS?”

Acredita-se que as atividades experimentais, quando integradas com simulações computacionais, podem tornar as aulas mais interessantes e contribuir para a construção de conceitos em vários campos da Física. Como objetivo geral desta pesquisa, procurou-se investigar as implicações do uso de simulações vinculadas às atividades experimentais na aprendizagem significativa dos estudantes no tópico transferência de energia térmica, no 2º ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular, no município de Erechim/RS. Como objetivos específicos foram elencados três:

- ✓ Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados à transferência de energia térmica (condução, convecção e radiação), bem como suas aplicações em situações do cotidiano.

- ✓ Desenvolver o conteúdo de transferência de energia térmica (condução, convecção e radiação) por meio da integração de atividades experimentais e simulações computacionais durante as aulas de Física no 2º ano do Ensino Médio.
- ✓ Investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos acerca de elementos importantes da Termologia (formas de propagação da energia térmica).

Em todas as áreas do conhecimento, é imprescindível que os estudantes tenham oportunidades de fazer explorações, representações, experimentações e discussões, podendo investigar, descobrir, descrever e perceber propriedades e fenômenos que os cercam. Conforme Freire (1997), a construção do conhecimento envolve a capacidade de analisar, delimitar, comparar e perguntar. Essas são ideias com características de aproximar os estudantes dos conhecimentos que abordam os fenômenos físicos, partindo de situações que favoreçam as intervenções de ações e inferências em torno do objeto de estudo. Um modelo de ensino, conforme Piaget (1978), que proporcione ao estudante movimentar-se nos caminhos entre o fazer e compreender.

As atividades experimentais podem ser uma estratégia para o professor em suas aulas. Mais do que um fenômeno curioso para ser observado e admirado, o experimento constitui-se numa atividade pedagógica desenvolvida pelo aluno que inclui, intercaladamente, tarefas teóricas e experimentais, onde o fazer é importante e o refletir para compreender é fundamental. Os novos avanços científicos, bem como suas aplicações práticas e as tecnologias, têm aberto as fronteiras do conhecimento. Corroborando com esta ideia, Brandão, Araújo e Veit (2008) destacam que uma das alternativas para a inserção de conteúdos de natureza epistemológica com conteúdos de Física está no uso de tecnologias, onde os alunos passam a ter a visão da construção do conhecimento científico.

Quando pensa-se em conhecimento científico é necessário que o trabalho esteja embasado em alguma teoria que propicie a construção deste conhecimento. Neste trabalho optou-se pela teoria cognitivista de Ausubel, da aprendizagem significativa. Conforme a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel

(1982) novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, comportando-se como âncora para novas ideias e conceitos. À medida que isso acontece, soma-se às ideias prévias o conhecimento científico, consolidando a relação entre ciência, escola e sociedade, possibilitando um ser humano que se coloque como agente atuante e transformador, visto que isso permite ao indivíduo o conhecimento cada vez maior do seu universo físico, bem como os fenômenos que nele acontecem.

Corroborando com esta ideia, Moreira (2001) afirma que o conhecimento é o conjunto de conceitos constantemente adquiridos e reelaborados que permite ao homem situar-se e tomar decisões de como agir no mundo. Neste sentido, Brandão, Araújo e Veit (2008) destacam a importância do professor, em seu trabalho em sala de aula, buscando estratégias que deem sentido ao que o aluno estuda, evitando o distanciamento entre ensino e ciência. O desafio dos professores é dar sentido aquilo que se quer ensinar.

Baseado nos pressupostos anteriormente citados é importante a busca por novas metodologias de ensino. O uso de tecnologias durante as aulas pode contribuir na predisposição dos estudantes a trabalhar de modo ativo, na busca de soluções para os problemas que lhes são propostos. É importante salientar que, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 1999) a utilização de recursos como o computador pode contribuir para os processos de ensino e de aprendizagem, tornando a atividade experimental mais rica. Os alunos precisam ser encorajados a desenvolver seus processos metacognitivos e sua capacidade crítica, e o professor precisa ver reconhecido e valorizado o seu papel na criação, condução e aperfeiçoamento das situações de aprendizagem.

Os PCNs (BRASIL, 1999, p. 45) destacam: “longe da ideia de que o computador viria substituir o professor, seu uso vem, sobretudo, reforçar o papel do professor na preparação, condução e avaliação do processo de ensino e aprendizagem”. Deste modo, faz-se necessário repensar o ensino para que este concilie o pensar ao aprender fazendo, e que também possibilite o resgate de metodologias aliadas às tecnologias. Conforme Ausubel (2003), a predisposição

para aprender é uma das condições da aprendizagem significativa. A outra é que o material seja potencialmente significativo.

É neste sentido que o trabalho com as tecnologias tem potencial de associação, rompendo com a visão de compartimentos fechados das disciplinas do currículo escolar. Conforme Lévy (2008), as tecnologias são recursos que criam alternativas metodológicas rompendo com o formalismo das disciplinas, que fragmenta e cristaliza o conhecimento em compartimentos fechados. Brandão, Araújo e Veit (2008) afirmam que o computador, enquanto ferramenta didática, pode favorecer a contextualização, a visualização e as apresentações de diversas situações físicas, podendo dar sentido ao que está sendo trabalhado pelo professor.

A partir dessa afirmação, reforça-se a importância da utilização de atividades experimentais aliadas ao uso de tecnologias durante as aulas de Física no Ensino Médio. Trabalhando de uma forma em que a teoria esteja articulada com a prática, por meio de atividades experimentais complementadas e assistidas por simulações computacionais, pode-se propiciar a construção do conhecimento e contribuir de maneira significativa no processo de construção dos conhecimentos científicos por parte dos estudantes. Araújo e Veit (2002) destacam que o objetivo não é a substituição do laboratório didático pela modelagem computacional. O importante é agregar a tecnologia buscando facilitar o processo de aprendizagem, ampliando limites, reforçando o aspecto construtivista da ciência e da aprendizagem.

Desse modo, faz-se necessário o uso de materiais e recursos didáticos, aliados a práticas vinculadas com a realidade dos estudantes, buscando abstrações e generalizações em patamares cada vez mais elevados. As aulas experimentais e as tecnologias de simulação por computador, portanto, vêm ao encontro dessa perspectiva, visto que possibilitam ao estudante tornar-se sujeito no processo de construção do seu conhecimento.

A observação do próprio contexto escolar e das reações dos estudantes durante as aulas de Física onde a pesquisadora atua, instigaram esta pesquisa. Analisando empiricamente a própria prática pedagógica, a pesquisadora destaca a motivação advinda das aulas com atividades experimentais. Porém, os recursos tecnológicos, como as simulações computacionais não eram utilizados em suas

aulas. Surgiu então a inquietação, partindo da observação da própria prática e das disciplinas cursadas no Mestrado, de como integrar as atividades experimentais às simulações computacionais durante as aulas de Física com os estudantes do Ensino Médio.

É importante destacar aqui que a pesquisadora possui Licenciatura em Matemática e Física. Atua desde 2006 com a disciplina de Matemática nas séries finais do Ensino Fundamental. A partir de 2008 passou a atuar na disciplina de Física no Ensino Médio. Atualmente, trabalha com Matemática e Física no Ensino Médio em uma instituição privada do município de Erechim, Rio Grande do Sul. Atua, desde 2011, em algumas disciplinas como Matemática Básica, Física Geral A, Física Geral B, Fundamentos Teóricos e Metodológicos de Matemática e Estatística, nos cursos de graduação de uma instituição particular de Ensino Superior na referida cidade.

Reiterando, a ideia de pesquisa surge, portanto, a partir das situações vivenciadas pela pesquisadora em seu trabalho em sala de aula, bem como das leituras e disciplinas cursadas no Mestrado, que muito contribuíram para sua formação pessoal e profissional. A Termodinâmica e a Termologia, em geral, são alvos de preocupações por parte dos estudantes, bem como, observa-se a confusão entre os conceitos de calor e temperatura principalmente para os estudantes do Ensino Médio.

Cabe aqui destacar que o termo “calor” em Física, conforme Young e Freedman (2008), sempre se refere a uma transferência de energia de um corpo ou sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura existente entre eles, nunca indica a quantidade de energia contida em um sistema particular. Silva, Laburú e Nardi (2008) salientam que muitos livros didáticos, tanto da educação básica, quanto do Ensino Superior, apresentam distorções quanto ao conceito de calor. Conforme estes autores seria melhor usar a palavra calor apenas em referência a um método de transferência de energia e, quando essa transferência se completasse, referir-se à quantidade total de energia transmitida. Nesse sentido, um corpo não tem calor, tem energia; mas quando se transfere parte dessa energia numa situação de diferença de temperatura, refere-se a ela como a quantidade de calor transferida, compreendendo-se, portanto, que o corpo teve um acréscimo de

energia em forma de calor. Conforme Bucussi (2007), condução, convecção e radiação são formas de propagação (ou transferência) de energia térmica.

Com este trabalho buscou-se, além da formação profissional, contribuir para a elaboração de uma produção técnica, colocando em prática os conhecimentos adquiridos no Mestrado, material esse, que pode ser utilizado por outros professores em sua prática pedagógica. Espera-se também que este trabalho venha a contribuir para a aprendizagem significativa dos conceitos físicos abordados por parte dos estudantes de outros anos e de outras instituições de ensino.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Para melhor compreensão deste trabalho, a fundamentação teórica será estruturada em cinco tópicos. O primeiro apresenta algumas ideias da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e as condições para que ela ocorra. No segundo é abordado como a atividade experimental pode ser mais um elemento a colaborar no ensino da Física. No terceiro tópico é apresentado um breve relato do uso de tecnologias no ensino, bem como uma descrição do programa *Energy2D* e dos Simuladores *PhET* - que foram utilizados nesta pesquisa. Após, é apresentado um referencial teórico para informar o leitor sobre formas de propagação de energia térmica, e, finalmente, a presença de produção recente (Estado da Arte) que contemplam e integram este tema com o das tecnologias no ensino.

2.1 Aprendizagem significativa

O ensino não pode ser tratado de maneira intuitiva ou até mesmo ingênua. Existem teorias de desenvolvimento cognitivo, que vão além da intuição e podem servir como referencial teórico para a organização do ensino, pois se este visa à aprendizagem, é razoável supor que a ação docente alcançará mais facilmente seus objetivos se for conduzida à luz de uma concepção de aprendizagem.

Este subcapítulo enfocará alguns pontos relevantes da teoria de David Ausubel, usada para subsidiar teoricamente a pesquisa. No ensino, é necessário

considerar que o conhecimento a ser ensinado é também um sistema de construção. A teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel é uma abordagem construtivista que surgiu na década de 60 e foi reforçada recentemente pelo próprio Ausubel (2003), tendo Marco Antônio Moreira como referência em sua interpretação. Na sequência são apresentados alguns elementos da teoria de Ausubel e também algumas interpretações desta teoria realizadas por Moreira (1983, 2001, 2005, 2012) e outros.

Em sua teoria Ausubel (2003, p. 3) destaca que “a aprendizagem significativa envolve uma interação seletiva entre o novo material de aprendizagem e as ideias preexistentes na estrutura cognitiva”, ocorrendo uma ancoragem, onde as ideias preexistentes são ligadas às novas ao longo do tempo. Ou seja, o indivíduo compreende conceitos e estabelece relações entre estes sinônimos.

Para Ausubel (2003), aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito *subsunçor*¹ - um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “ancoradouro” a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo.

Moreira e Ostermann (1999) salientam que a ideia mais importante da teoria de Ausubel e suas possíveis implicações para o ensino e a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe, precisa-se determinar isso e ensinar de acordo. Rehfeldt (2009, p. 30) salienta em sua tese que:

De acordo com a concepção ausubeliana, o professor deve diagnosticar os conhecimentos do aluno acerca de situações de ensino que possibilitem promover a ancoragem das demais informações, caracterizando, assim, uma aprendizagem significativa. Um pré-teste pode diagnosticar conhecimentos prévios existentes relativos aos temas em estudo.

Verifica-se, portanto, que no trabalho embasado na teoria de David Ausubel é imprescindível que o professor verifique os conhecimentos prévios dos alunos referentes ao conteúdo que se está trabalhando, servindo de âncora para as novas

¹ A palavra “subsunçor” não existe em português; trata-se de uma tentativa de aporuguesar a palavra inglesa “subsumer”. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador.

informações. De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), deve-se partir dos conhecimentos prévios dos alunos. Se os subsunçores necessários não estiverem disponíveis, Ausubel (2003, p. 11) propõe os organizadores avançados:

O organizador avançado resolve esta dificuldade [a não existência de subsunçores] desempenhando um papel de mediador, isto é, sendo mais relacional e relevante para o conteúdo particular da tarefa de aprendizagem específica, por um lado, e para com o conteúdo mais geral das ideias.

Além disso, para que a estrutura cognitiva preexistente influencie e facilite a aprendizagem subsequente é preciso que seu conteúdo tenha sido aprendido de forma significativa. De acordo com Ausubel (2003, p. 72):

A aprendizagem significativa exige que os aprendizes manifestem um mecanismo de aprendizagem significativa (ou seja, uma disposição para relacionarem o novo material a ser apreendido, de forma não arbitrária e não literal, à própria estrutura de conhecimentos) e que o material que apreendem seja potencialmente significativo para os mesmos, nomeadamente relacional com as estruturas de conhecimento particulares, numa base não arbitrária e não literal.

A aprendizagem significativa caracteriza-se então, por uma **interação** (não uma simples associação) entre os aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações, através da qual estas adquirem significado e são integradas à estrutura cognitiva de maneira não-arbitrária e não-literal, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da própria estrutura cognitiva.

O termo não-arbitrária apresentado anteriormente, segundo Moreira (2012, p. 29) “significa que interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende”. Já o termo não-literal quer dizer substantiva, não ao pé da letra. Conforme Moreira (2012, p. 29), “a aprendizagem ocorre quando o indivíduo compreende conceitos e estabelece relações entre os sinônimos, uma equivalência representacional de conceitos na estrutura cognitiva”.

Segundo Moreira (1983) podem se distinguir três tipos de aprendizagem: cognitiva, afetiva e psicomotora. A aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente daquele que aprende, e esse

complexo organizado é conhecido como estrutura cognitiva. A afetiva resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada com experiências tais como prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade. Algumas experiências afetivas sempre acompanham as experiências cognitivas. Já a psicomotora envolve respostas musculares adquiridas por meio de treino e prática, mas alguma aprendizagem cognitiva é geralmente importante na aquisição de habilidades psicomotoras.

A aprendizagem cognitiva, segundo Moreira (2001), é aquela que resulta do armazenamento organizado de informações na mente dos estudantes. Ela parte da realidade do estudante e da sua predisposição para aprender, condições estas que facilitam a aprendizagem significativa. Ausubel (2003) afirma que a aprendizagem é uma interação cujo resultado modifica tanto a informação (com significado) como o subsunçor (conhecimento prévio - que fica mais diferenciado).

Em sua teoria Ausubel (2003) também define aprendizagem **mecânica** como sendo aquela em que novas informações são aprendidas praticamente sem interagir com conceitos relevantes da estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. Moreira e Masini (1982) conceituam aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações, com pouca ou nenhuma associação, com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Isto significa que a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação, sem ligar-se a subsunçores específicos.

A aprendizagem significativa versus a mecânica não deve, no entanto, ser pensada como uma dicotomia. A aprendizagem não é significativa ou mecânica. Trata-se de um contínuo que vai desde a aprendizagem extremamente mecânica, como por exemplo, a memorização da tabuada, até a aprendizagem significativa, como a criação científica ou artística. O processo de ensino deve procurar então, fazer com que a aprendizagem se situe mais perto possível do extremo desse contínuo que corresponde à aprendizagem significativa.

Na teoria de Ausubel uma das condições importantes para ocorrência de aprendizagem significativa é que o material a ser utilizado (livros didáticos, *softwares*, atividades experimentais, simulações computacionais, entre outros) seja potencialmente significativo. Conforme Ausubel (2003, p. 62):

A estrutura cognitiva existente – a organização, estabilidade e clareza de conhecimentos de um indivíduo numa determinada área de matérias, em determinada altura – considera-se o principal fator a influenciar a aprendizagem e a retenção de novos materiais de instrução potencialmente significativos na mesma área de conhecimentos.

Outro fator importante na teoria da aprendizagem significativa diz respeito à predisposição para a aprendizagem. Esta tem um papel importante na aquisição de novos conceitos, uma vez que o aprendiz precisa estar motivado e interessado. O processo de aprendizagem e o produto dependem da predisposição do indivíduo.

Resumidamente, conforme Ausubel (2003), para que ocorra a aprendizagem três aspectos importantes são necessários: aquilo que o aluno já sabe; os materiais educativos devem ser potencialmente significativos – ter significado lógico; o aprendiz deve ter subsunçores especificamente relevantes.

Moreira (2012) considera a estrutura cognitiva, como uma estrutura de subsunçores interrelacionados e hierarquicamente organizados. Esta estrutura, segundo o autor, é dinâmica, onde ocorrem dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Conforme Moreira (2012, p. 6):

A *diferenciação progressiva* é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos.

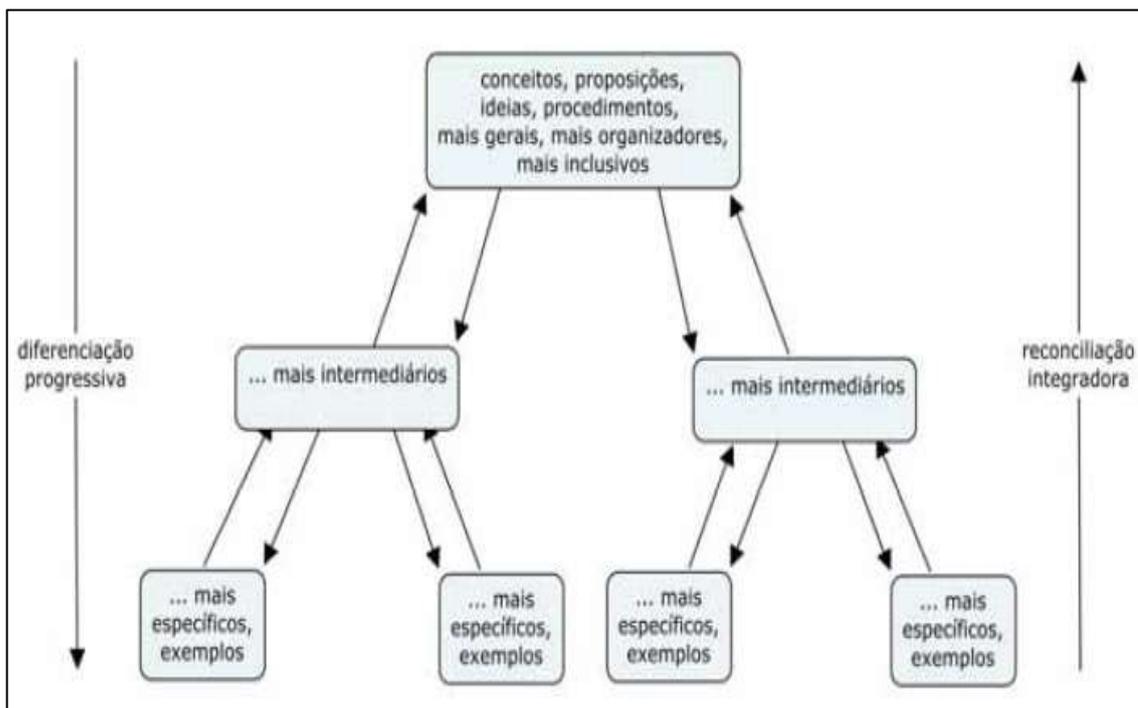
Quando um novo conceito ou uma nova proposição é aprendido por um processo de interação e ancoragem em um conceito subsunçor, este também se modifica. Quando esse processo ocorre uma ou mais vezes leva à diferenciação progressiva do conceito subsunçor. As ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem ser, durante a aquisição de novas aprendizagens, tanto reconhecidas como relacionadas. Novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados. Ausubel (2003) chama

essa etapa de recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva de reconciliação integradora. Moreira (2012, p. 6, grifo do autor) destaca:

A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.

Portanto, o professor, em seu trabalho diário, ao programar a organização dos conteúdos, deve preocupar-se em promover a diferenciação progressiva, facilitando o estabelecimento de relações de semelhanças e diferenças entre conceitos ou proposições. Moreira (2012, p. 10) apresenta um diagrama, representado na Figura 1, que ilustra como a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são interdependentes e simultâneos na estrutura cognitiva.

Figura 1 – Diagrama da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora

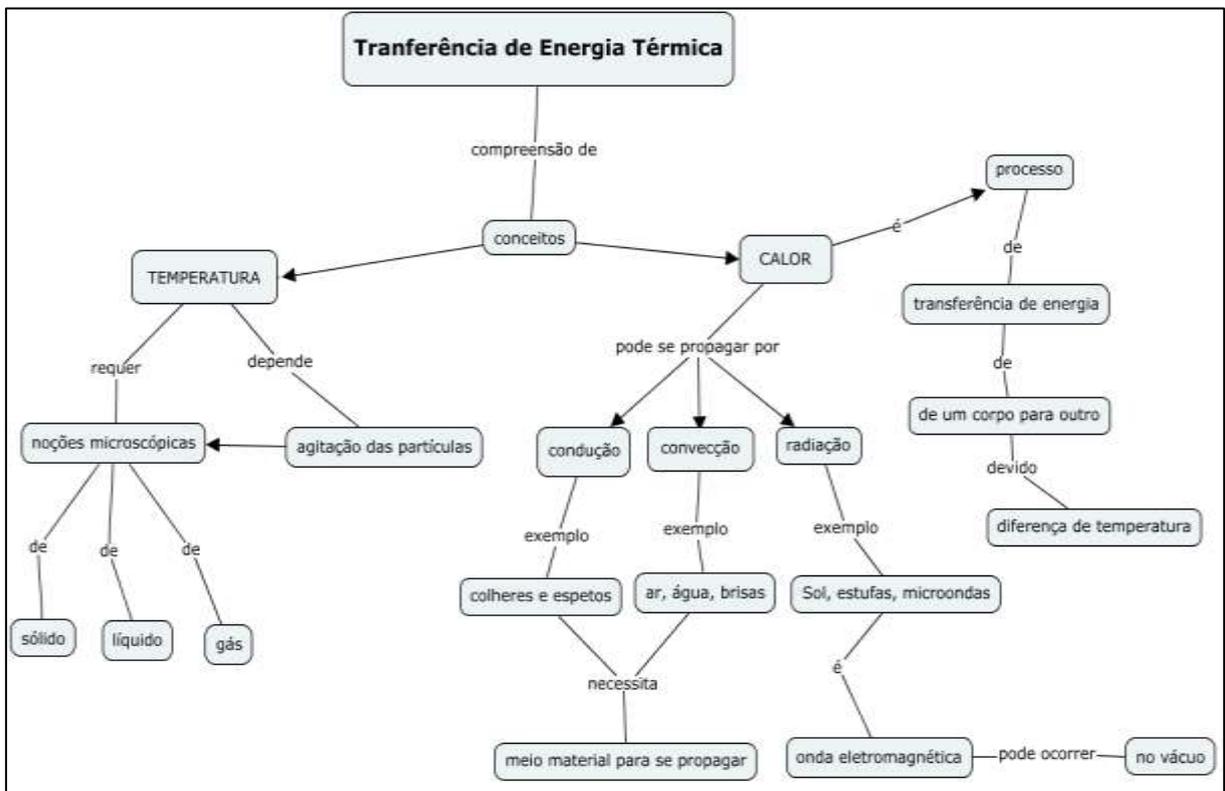


Fonte: Moreira (2012, p.10)

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, apresentadas no esquema anterior, podem ser apresentadas através de organizadores prévios ou de mapas conceituais. Para Moreira (2005), a aprendizagem significativa implica atribuição de significados idiossincráticos, por isso, os mapas conceituais construídos pelos estudantes podem refletir tais significados.

Um exemplo de mapa conceitual que aponta conceitos mais gerais até os mais específicos para a transferência de energia é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Mapa Conceitual para a Transferência de Energia



Fonte: O autor, 2015.

Através do mapa conceitual percebe-se que os conceitos mais gerais são calor e temperatura, passando para os mais inclusivos que abordarão a natureza da matéria, diferenciação entre sólido, líquido e gás, para a melhor compreensão dos conceitos de condução, convecção e radiação.

Para Moreira e Buchewitz (1993) mapas conceituais são diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras, que são usados para representar conceitos. São diagramas de significados, de relações significativas, de hierarquias conceituais, se for o caso. A construção de um mapa conceitual é feita utilizando figuras geométricas. A construção, de acordo com Novak e Gowin (1996) está relacionada com as seguintes regras:

1) Identificar os conceitos-chave, limitando-os a no mínimo 6 e no máximo 10.

- 2) Ordenar os conceitos, colocando os mais inclusivos na parte superior do mapa e, gradualmente, agregar os demais conceitos na parte inferior deste, até completar o diagrama de acordo com o princípio da diferenciação progressiva.
- 3) Conectar os conceitos com linhas e rotular essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem sugerir uma proposição que expresse o significado da relação.
- 4) Buscar relações horizontais e cruzadas.
- 5) Se for possível, agregar exemplos ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes.
- 6) Setas podem ser utilizadas para dar um sentido de direção a determinadas relações conceituais, mas não são obrigatórias.
- 7) Dois conceitos e uma palavra-chave formam uma proposição.

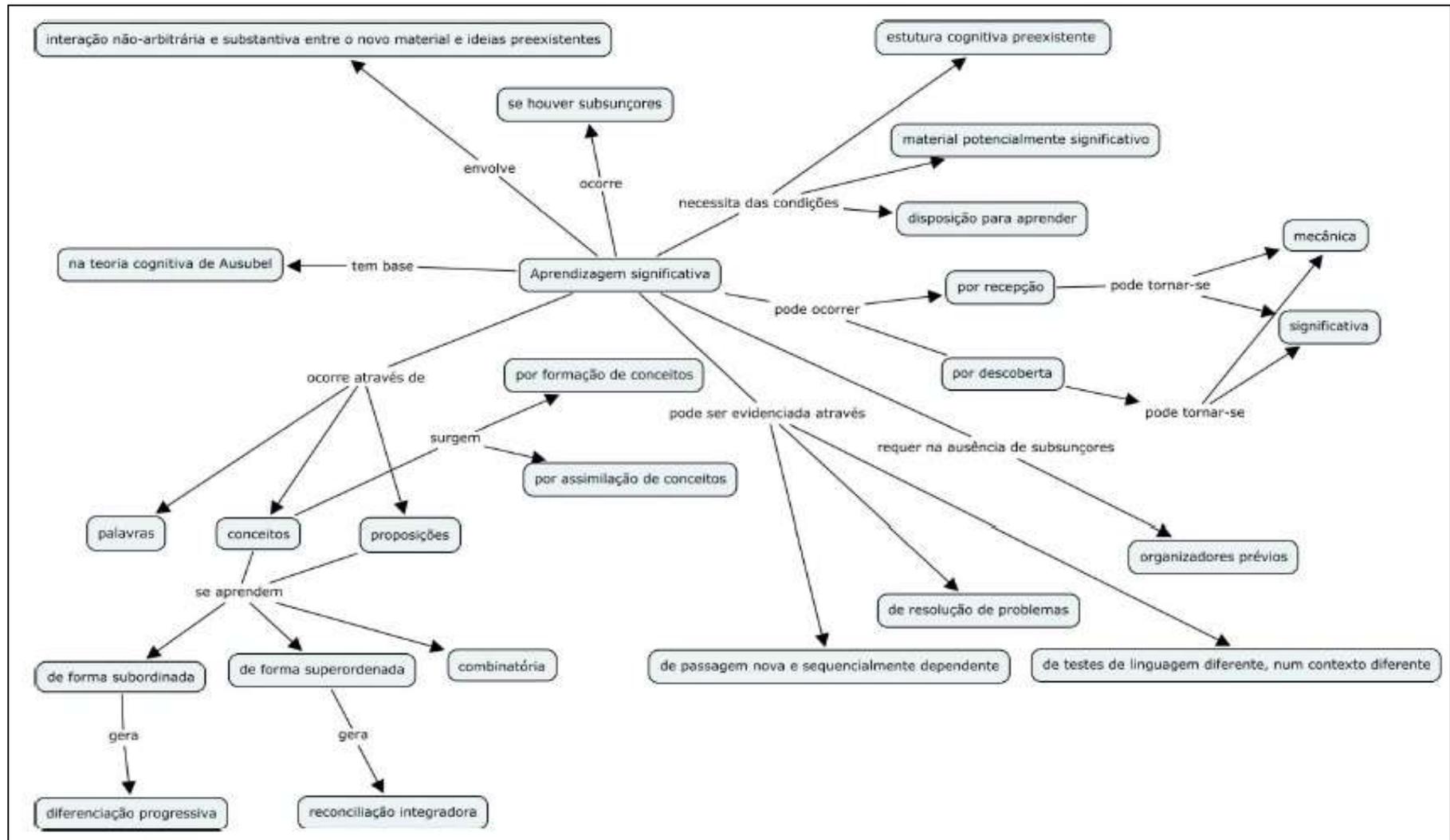
O professor tem, portanto, tarefa fundamental na facilitação da aprendizagem significativa. Segundo Moreira (1983), o professor tem pelo menos quatro tarefas:

1. Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los dos menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.
2. Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, ideias claras, precisas, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para aprender significativamente este conteúdo.
3. Diagnosticar o que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva.
4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimentos, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis. Para isso, deve levar em conta não só a estrutura conceitual da matéria de ensino, mas também a estrutura cognitiva do aluno no início da instrução

e tomar providências adequadas, usando organizadores, se a mesma não for adequada.

Um mapa conceitual que resumidamente expressa a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel é apresentado por Rehfeldt (2009, p. 26) na Figura 3 que segue:

Figura 3 – Mapa conceitual da Teoria de Ausubel



Fonte: Rehfeldt (2009, p. 26)

Ao abordar a teoria de Ausubel, crê-se que os conhecimentos não estão empilhados na memória, ao contrário, imagina-se que a organização cognitiva tem certa dinâmica, que os conhecimentos nela existentes estão relacionados e são importantes para a aquisição de novos conhecimentos. Assim como o conhecimento que se desenvolve na escola é uma construção humana coletiva, a aprendizagem desse conhecimento é uma (re)construção individual, dessa maneira o aluno não pode ser visto como um receptor de conhecimento, ele deve ser considerado como agente de uma construção que é sua própria estrutura cognitiva.

Pensando nos pressupostos anteriores da teoria de Ausubel pensou-se em utilizar as atividades experimentais integradas às simulações computacionais como exemplos de materiais potencialmente significativos, que poderão contribuir para a construção de conceitos relacionados à propagação de energia térmica no ensino da Física.

2.2 A atividade experimental e o ensino da Física

A Física é uma das ciências que permite o conhecimento das leis gerais da natureza que regem muitos dos fenômenos que ocorrem, tanto no meio onde o estudante está inserido, quanto no Universo ao qual pertence. Por que então, muitas vezes, a forma com que a Física é abordada nas escolas não está ligada a estas situações vivenciais dos estudantes? Qual a importância desta ciência para os seres humanos? Uma resposta sintética e sucinta para esta questão é quase impossível devido à importância da Física no dia a dia. Conforme Bonadiman (1993, p. 45):

Enquanto a Física continuar sendo trabalhada teoricamente e ser imposta de cima para baixo é muito provável que o nosso aluno continue sendo treinado para ser um excelente receptor dos conteúdos eficientemente repassados pelo professor e por ele docilmente transcritos em seu caderno. E, depois de 'aprendidos', são por ele novamente devolvidos ao professor quando da realização das provas escritas. Nesta inter-relação professor-aluno-conteúdo, quase nada é produzido, quase tudo é repetido e quase tudo copiado. Memoriza-se muito, mas compreende-se pouco.

A utilização de atividades experimentais tem sido investigada no Brasil nas últimas décadas. De acordo com Carlos *et al.* (2009, p. 2), a “utilização de atividades experimentais ainda não se consolidou na prática da maioria dos professores de ciência no país”. O ensino de Física, em algumas instituições de ensino, caracteriza-se pela ausência de experimentação ou aulas de laboratório, tanto com materiais manipuláveis quanto com recursos tecnológicos.

Segundo Borges (2002), os professores acreditam que a introdução de atividades experimentais seja relevante nos processos de ensino e de aprendizagem. Entretanto, estas atividades, muitas vezes, não são implementadas. Uma condição necessária para a melhoria da qualidade de ensino consiste em equipar as escolas com laboratórios (de equipamentos de baixo custo, fácil aquisição) e computadores, buscando aperfeiçoar professores para utilizá-los. Pena e Filho (2009, p. 2) destacam em suas pesquisas que:

[] no entanto, os contatos frequentes realizados com professores em exercício permitiram constatar que essas propostas ainda se encontram distantes dos trabalhos realizados em grande parte das escolas, o que, para eles, sem dúvida, indica a necessidade de realização de novos estudos que visem melhorar as articulações e propiciar um aprofundamento das discussões dessa temática, buscando a efetiva implementação dessas propostas nos diversos ambientes escolares.

As atividades experimentais ainda não são totalmente utilizadas na prática dos professores. Conforme Coelho *et al.* (2008), a falta de apoio material e pedagógico das escolas para o desenvolvimento de metodologias que envolvam atividades experimentais investigativas, e as limitações na formação acadêmica do professor referente à experimentação são fatores que contribuem para a ausência ou realização não sistemática de experimentação na realidade escolar do ensino de Física nos níveis Fundamental e Médio.

Diante da realidade defrontada no ensino da Física, urge a necessidade da busca de novas práticas, que aliem o conteúdo ao dia a dia dos estudantes. Poder-se-ia dizer que uma sugestão na busca por estas novas práticas está na integração entre a atividade experimental e as tecnologias (*softwares*, simuladores) como uma estratégia no ensino de Física. Araújo e Abib (2003, p. 176) declaram que:

[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.

Segundo Thomaz (2000), o papel da experimentação na aprendizagem em Ciências para a formação do futuro cidadão irá depender do papel do professor no desenvolvimento da sua atividade docente e das suas perspectivas relativamente a esse componente. Os professores, de um modo geral, destacam a importância das atividades experimentais, porém ainda não as utilizam em sua prática pedagógica. É o que destaca Borges (2002, p. 294):

Os professores de ciências, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, em geral acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo. Curiosamente, várias das escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, por várias razões, nunca são utilizados, dentre as quais cabe mencionar o fato de não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para compra de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção. São basicamente as mesmas razões pelas quais os professores raramente utilizam os computadores colocados nas escolas.

Portanto, para que haja efetivamente apropriação dos conhecimentos da Física far-se-á necessário desenvolver os princípios gerais e norteadores a partir dos elementos próximos, práticos e vivenciais, como as atividades experimentais. Conforme a teoria de Ausubel (2003) já mencionada anteriormente, novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, comportando-se como âncora para novas ideias e conceitos.

Para que haja uma aprendizagem significativa dos conhecimentos físicos, entende-se que é necessário que os alunos passem a dispor dos elementos necessários à construção desses conceitos, havendo assim a necessidade de etapas iniciadoras direcionadas a construção de tais elementos. Séré *et al* (2003, p. 39-40) salientam a importância da prática experimental no ensino de Física.

[] as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados.

Nos processos de ensino e de aprendizagem devem haver situações de encontro, de diálogo, de desafios. É neste sentido que se inserem as atividades experimentais no ensino da Física, podendo ser mais um meio para a compreensão de fenômenos e para o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes por parte dos alunos. Galiazzi *et al.* (2001) afirmam que as atividades experimentais no ensino de Ciências vêm sendo apontadas como um importante recurso no desenvolvimento de saberes conceituais, procedimentais e atitudinais.

Durante as atividades experimentais os alunos têm a oportunidade de desenvolver habilidades e competências, como a divisão de tarefas, responsabilidade individual e com o grupo, negociação de ideias e diretrizes para a solução dos problemas. Corroborando com esta ideia, Thomaz (2000) afirma que o desenvolvimento de capacidades pessoais como motivação, criatividade, poder de decisão, autoconfiança, capacidade para resolver problemas propostos, capacidade de determinação e análise dependem das atividades que os professores utilizam em sua prática docente. No entanto, é papel do professor planejar as atividades em grupo, observar seu andamento, verificando a participação de todos na execução da atividade.

As atividades experimentais investigativas representam uma estratégia para permitir que os alunos ocupem uma posição mais ativa no processo de construção do conhecimento e que o professor passe a ser mediador ou facilitador desse processo. O professor deve ter a capacidade de proporcionar a participação dos estudantes em todas as etapas da investigação. Suart e Marcondes (2008, p. 2) afirmam:

[...] se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos químicos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico.

O papel do professor na atividade experimental investigativa, não só em Física, mas nas mais diversas disciplinas, é auxiliar os alunos na busca das explicações, negociar estratégias de soluções para o problema, questionar as ideias dos alunos, incentivar a criatividade, ou seja, ser um mediador entre o grupo e a tarefa, intervindo nos momentos em que há indecisão, falta de clareza ou consenso.

Borges (2002) ressalta que apesar de demandar mais tempo e exigir mais atenção e auxílio do professor, essa forma de organização da atividade experimental desperta a atenção dos alunos e melhora seu envolvimento com a mesma.

Vindo ao encontro da teoria da aprendizagem significativa, Moysés (1997) ressalta que a capacidade de enfrentar o novo deve ser proporcionada aos estudantes, tendo em vista as concepções prévias já presentes no indivíduo. Os Parâmetros Curriculares Nacionais e seus correlatos são exemplos que destacam a importância do uso de atividades experimentais. Os PCNs (BRASIL, 2002, p. 84) destacam:

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável.

É um equívoco corriqueiro confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados, ou então, podem ser simuladas através de recursos tecnológicos.

O experimento não deve ser um mero complemento das atividades do professor. Através dele pode-se integrar e iniciar o estudo de determinado conteúdo da Física. As atividades experimentais despertam o interesse e provocam expectativa no aluno. Laburú (2006, p. 384) enfatiza:

A idéia que se está a imaginar é a de procurar ativar a curiosidade dos alunos, em momentos do processo de ensino, utilizando experimentos com formato cativante, que atraiam e prendam a atenção. Na medida em que se passa a planejar experimentos com essa orientação, ultrapassando a preocupação de adequá-los apenas ao conteúdo ou ao conceito de interesse, pode-se ajudar a abalar atitudes de inércia, de desatenção, de apatia, de pouco esforço, servindo esses experimentos, inclusive, de elo incentivador para que os estudantes se dediquem de uma forma mais efetiva às tarefas subsequentes mais árduas e menos prazerosas.

A atividade experimental não detém-se unicamente na montagem de um sistema experimental. Ao contrário, passa a ser um espaço em que os estudantes podem trabalhar, refletir, analisar, questionar, dialogar e buscar as possíveis

conclusões. Nesta etapa, o refletir é a chave para a concretização do experimento. Para Laburú (2006), a experimentação tem a sua relevância nos processos de ensino e de aprendizagem quando permite potencializar a motivação do aluno para o mesmo ter um aprendizado significativo.

É importante salientar que o trabalho com experimentação, segundo Moreira (1983, p. 80), como intermediário para ativar a ação mental, requer o uso de material concreto. Não significa que o uso por si só deste material, leve à aprendizagem. O importante é a reflexão advinda das situações nas quais o material é empregado, e a maneira como o professor integra o trabalho prático na argumentação. O professor tem, portanto, um papel de mediador entre os estudantes e o conhecimento, mediador nos debates para encontrar a devida solução.

Mais do que um fenômeno curioso para ser observado e admirado, o experimento constitui-se numa atividade pedagógica desenvolvida pelo aluno que inclui, intercaladamente, tarefas teóricas e experimentais onde o fazer é importante e o refletir tem papel fundamental. Corroborando com esta ideia Borges (2002, p. 301) afirma:

Para facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos com a utilização de atividades experimentais recomenda-se um planejamento cuidadoso que considere as ideias prévias dos estudantes a respeito da situação estudada, o tempo necessário para completar a atividade, as habilidades requeridas e aspectos ligados à segurança.

Portanto, é salutar o uso de materiais e recursos didáticos, aliados a práticas vinculadas com a realidade dos estudantes, sempre buscando abstrações e generalizações. O professor deve permitir que seu aluno torne-se crítico e capaz de questionar o que lhe é apresentado, verificando a relevância de novas descobertas para a sociedade. As aulas experimentais e as tecnologias, portanto, vêm ao encontro desta perspectiva, visto que possibilitam que o estudante se torne agente ativo no processo de construção do seu conhecimento.

As atividades experimentais podem ser desenvolvidas de diversos modos, com diferentes enfoques, permitindo, assim, que o professor trabalhe vários tipos de competências e habilidades em seus alunos. Esses enfoques abrangem desde a mera observação por parte do aluno, por exemplo no Laboratório de Demonstração, até a sua participação efetiva na escolha da atividade, do problema a ser

solucionado e do procedimento experimental a ser adotado conforme é destacado pelos autores Andrade (2010), Borges (2002), Pinho Alves (2000), Rosa (2003). Nesta pesquisa optou-se por trabalhar com o Laboratório Didático Investigativo.

O laboratório didático investigativo, conforme Andrade (2010), tem como pressuposto o construtivismo. As atividades experimentais são tarefas investigativas. Pinho Alves (2000, p. 266) destaca a participação efetiva do aluno:

Um processo de ensino que se inspire na concepção construtivista, não terá como justificar um papel passivo do estudante quando da realização de uma atividade experimental. [...] No entanto, sua participação ativa, deve ser entendida não apenas quando é exigida alguma tarefa motora, mas também no processo de negociação do saber. A possibilidade de agir no processo de negociação do saber é a característica mais importante dentro de uma visão construtivista.

Durante o trabalho é estabelecido um ambiente onde há interação entre professores e alunos, onde os estudantes trabalham de forma coletiva. Os alunos fazem levantamento de hipóteses e realizam as medições. O professor tem papel de mediador, auxiliando os alunos na exploração dos fenômenos. Andrade (2010) caracteriza as atividades como abertas e semiestruturadas.

Reiterando, esta pesquisa traz elementos do laboratório didático investigativo com o uso de roteiros semiestruturados para os estudantes, possibilitando a participação dos alunos, tendo o professor como mediador do processo. Cabe destacar que nesta pesquisa foram utilizadas, integradas às atividades experimentais, simulações computacionais que serão descritas mais adiante. Por este motivo, a subseção a seguir abordará o uso de tecnologias e o ensino da Física.

2.3 Tecnologias e o ensino da Física

Com a evolução tecnológica os recursos computacionais passaram a ocupar diversos setores da sociedade, como destaca Lévy (2008, p. 89):

O computador tem contribuído significativamente nos setores produtivos e de bens materiais, como também, tem possibilitado e propiciado ao homem inúmeras experiências, saberes e conhecimentos científicos que tem alterado sua forma de interagir com o mundo e consigo mesmo, ou seja, as sociedades estão moldando a maneira como se comporta, os modos de viver socialmente e culturalmente.

Esta evolução chegou até a escola. A descoberta de uma possível relação entre informática e educação iniciou na segunda metade dos anos 70, com o lançamento dos primeiros microcomputadores, conforme Valente (1999) caracteriza em seu livro. A Informática ultrapassou as barreiras dos laboratórios de pesquisa e passou a se integrar nas mais diversas áreas do conhecimento, entre elas, o ensino. O computador passou a ser um instrumento com finalidades distintas. Seu principal uso passou a ser o de uma máquina capaz de resolver variados tipos de problema, desde que susceptível de solução algorítmica e traduzível sob a forma de *software*⁸.

A implantação do programa de informática na educação no Brasil iniciou-se com o primeiro e segundo Seminário Nacional de Informática em Educação, realizados, respectivamente, na Universidade de Brasília, em 1981 e na Universidade Federal da Bahia, em 1982. Esses seminários estabeleceram um programa de atuação que originou o EDUCOM (Educação com Computadores), conforme apresentado por Nascimento (2007). Desde o início do programa, a decisão da comunidade de pesquisadores foi a de que as políticas a serem implantadas deveriam ser sempre fundamentadas em pesquisas pautadas em experiências concretas, usando a escola pública, e aplicadas prioritariamente, no ensino de 2º grau (atual Ensino Médio).

O projeto EDUCOM foi realizado em cinco universidades: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Rio

⁸ Corresponde à parte lógica do computador, ou seja, sistemas operacionais, programas aplicativos e linguagem de programação.

Grande do Sul (UFRGS) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Esse projeto contemplou ainda a diversidade de abordagens pedagógicas, como o desenvolvimento de *softwares* educativos e uso do computador como recurso para resolução de problemas.

Nesse projeto, o papel do computador era o de provocar mudanças pedagógicas profundas, ao invés de "automatizar o ensino" ou de preparar o aluno para ser capaz de trabalhar com o computador. O grande desafio era a mudança da abordagem educacional: transformar uma educação centrada no ensino, na transmissão da informação, para uma educação em que o aluno pudesse realizar atividades através do computador e, assim, aprender.

Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs (BRASIL, 1999), a tecnologia aplicada ao ensino vem avançando cada vez mais e o novo paradigma de aprender utilizando os recursos da tecnologia legitima uma nova visão de estrutura de ensino. Nesse sentido, a inserção do computador no ensino é um dos exemplos desse novo enfoque para o uso da tecnologia na educação. Ainda de acordo com os PCNs, a escola que continuar repassando os conteúdos de maneira tradicional e, de certa forma, treinando seus estudantes para a memorização, estará encaminhando cada um deles ao fracasso. Corroborando com esta ideia, Scheffer (2001, p. 120) destaca que:

Quando a informática passa a integrar o ambiente escolar, num processo de interação que envolve o aluno, professor e tecnologias, passa a despertar a sensibilidade dos professores quanto à existência de diferentes opções de representação matemática, o que é fundamental para a ocorrência de construções, análises e estabelecimento de relações.

Os ambientes informatizados apresentam-se como ferramentas de potencial frente aos obstáculos inerentes ao processo de aprendizagem. Segundo Papert (1988, p. 35) é a possibilidade de "mudar os limites entre o concreto e o formal". Porém, cabe salientar, de acordo com Vieira (2004), que os *softwares* educacionais ou outros recursos tecnológicos não devem apresentar unicamente uma beleza gráfica, mas devem ser realmente condizentes com a proposta metodológica que se pretende seguir.

No trabalho com tecnologias, o professor tem um papel de mediador entre os estudantes e o conhecimento, mediador nos debates para encontrar a devida solução. Santos e Silva (2003, p. 86) destacam:

A informática no contexto educacional tem características mediatizadora, ou seja, de dar suporte ao professor como mais um instrumento pedagógico usado em sala de aula, pelo qual o professor possa fazer bom uso em proveito de uma aula com maior dinamicidade. [] A utilização do computador como uma ferramenta pedagógica deve auxiliar no processo de construção do conhecimento. É neste momento, que o computador se transforma num meio e não um fim, devendo ser usado considerando o desenvolvimento dos componentes curriculares.

Conforme exposto observa-se que o computador deve desempenhar o papel de ferramenta, um recurso a mais para o desenvolvimento das aulas, não deve ser visto como a única fonte de informação, deixando de utilizar nas aulas os livros, o quadro, o giz e as pesquisas. As atividades de simulação computacional podem gerar motivação e interesse, despertando e predispondo o aluno para a aprendizagem. Esta ideia também é reforçada por Valente (2008, p. 3) quando descreve:

As inovações tecnológicas, inseridas no contexto educacional, não somente visando o aluno, mas também o professor que poderá se atualizar através de inovações e outras ideias que poderão aparecer no decorrer do tempo, ele terá novas expectativas: como incentivar a pesquisa em rede, buscar interações com intercâmbio com outras matérias (multidisciplinaridade), especulando a curiosidade dos alunos e a interação com os colegas criará uma dinâmica que sairá do enfatizado modelo arcaico de pedagogia retórica, mas os alunos uma vez incentivados poderão prosseguir no assunto em suas casas.

Para Teodoro e Veit (2002), a introdução de tecnologias no ensino da Física, através de simulações, possibilita uma melhor compreensão do conteúdo e contribui para o desenvolvimento cognitivo em geral. Muitas simulações baseadas em modelo da realidade permitem que o estudante faça alterações de valores das variáveis ou parâmetros de entrada, observando as alterações nos resultados. Valente (2008, p. 64) reforça o uso de tecnologia em sala de aula:

O uso do computador possibilita a interação e participação do aluno por sua condição chamativa, além do que a *internet* é um veículo de comunicação e interação, recheada de informações, de possibilidades e que, se utilizada corretamente, pode ser uma fonte vasta de conteúdos que servirão de base para abrilhantar as discussões em sala de aula.

O trabalho com tecnologias computacionais pode complementar as atividades experimentais realizadas. A simulação é um recurso que se apropria de modelos teóricos da realidade, de observações do mundo real. As simulações por sua vez, não podem substituir a atividade experimental e o uso do laboratório. No ensino eles são importantes para que o estudante compreenda a atividade científica. Corroborando com esta ideia, Santos e Silva (2003) enfocam que as animações interativas podem ser utilizadas como organizadores prévios, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa. Santos e Silva (2003, p. 34) afirmam:

[] as simulações são uma ferramenta capaz de agir na estrutura cognitiva modificando os conceitos subsunçores através de conexões significativas entre as ideias prévias dos alunos e a nova informação introduzida pela animação, servindo-se tanto para a determinação do conhecimento prévio como na ação continuada para se atingir a concepção defendida pelo orientador.

É importante destacar também que a abstração de alguns conceitos dificulta o trabalho da Física na sala de aula, além de relacionar fenômenos fora dos sentidos humanos, como as partículas subatômicas e corpos com alta velocidade. Por este motivo, as simulações vêm ao encontro para a demonstração de certos fenômenos, indo além de uma simples animação. Veit e Teodoro (2005, p. 23), afirma que:

A compreensão de como parte das ciências tem evoluído, a noção de que é possível predizer, não apenas observar fatos, a compreensão do pensamento científico, em contraposição à lógica indutivista, e a abordagem de vários tópicos mais próximos da realidade do que os usuais exercícios acadêmicos, passa pela compreensão de modelos e pela prática da modelagem computacional. Por isto, entendemos que a modelagem computacional pode se constituir em uma ferramenta cognitiva útil, e quem sabe até indispensável, na aprendizagem de Física nos dias atuais.

Aguiar (2010) destaca pelo menos quatro maneiras de utilizar o computador como auxílio para que aluno possa aprender e descrever o modelo de um fenômeno – um tutorial ou livro eletrônico, com a interação através de simulações, como instrumento de laboratório e como ferramenta de modelagem. Cabe salientar que o computador por si só não garante a melhoria da aprendizagem. Conforme afirmam Medeiros e Medeiros (2002, p. 12):

Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes.

Porém, apesar das escolas disporem de laboratórios de informática, esta prática ainda não é tão comum no cotidiano escolar. Dorneles (2010, p. 10) em seu trabalho destaca que:

Um dos mais disseminados tipos de AO (Objetos de Aprendizagem) são as simulações computacionais de experimentos de física, que estão disponíveis para utilização em diversos contextos. Mas infelizmente seu uso em sala de aula está longe de ser uma realidade, particularmente no Ensino Médio. Ainda que elas não devam substituir experimentos reais, pesquisas indicam que seu uso combinado à atividade experimental pode tornar mais eficiente o processo de aprendizagem dos alunos.

É importante destacar que Behar *et al.* (2009, p. 65) entendem que os objetos de aprendizagem são “qualquer material digital, como, por exemplo, textos, animações, vídeos, imagens, aplicações, páginas *web*, de forma isolada ou em combinação, com fins educacionais. Corroborando com esta ideia, Spinelli (2005, p. 7) define um objeto virtual de aprendizagem:

Um objeto virtual de aprendizagem é um recurso digital reutilizável que auxilie na aprendizagem de algum conceito e, ao mesmo tempo, estimule o desenvolvimento de capacidades pessoais, como, por exemplo, imaginação e criatividade. Dessa forma, um objeto virtual de aprendizagem pode tanto contemplar um único conceito quanto englobar todo o corpo de uma teoria. Pode ainda compor um percurso didático, envolvendo um conjunto de atividades, focalizando apenas determinado aspecto do conteúdo envolvido, ou formando, com exclusividade, a metodologia adotada para determinado trabalho.

Outros autores, por sua vez, consideram que os objetos de aprendizagem não são instrumentos exclusivamente digitais e/ou virtuais. Gutierrez (2004, p. 6) descreve:

Um objeto de aprendizagem pode ser conceituado como sendo todo o objeto que é utilizado como meio de ensino/aprendizagem. Um cartaz, uma maquete, uma canção, um ato teatral, uma apostila, um filme, um livro, um jornal, uma página da *web*, podem ser objetos de aprendizagem. A maioria desses objetos de aprendizagem pode ser reutilizada, modificada ou não e servir para outros objetivos que não os originais.

Arantes, Miranda e Studart (2010) enfatizam que os avanços dos *softwares* independentes de plataforma como o *Flash* e *Java* contribuíram para a criação de simulações interativas. Conforme os autores mencionados, as simulações são um mecanismo eficiente na apresentação de conceitos científicos, podendo contribuir na tarefa do professor como facilitador dos processos de ensino e de aprendizagem, provocando autonomia nos alunos. Arantes, Miranda e Studart (2010, p. 28)

apresentam as características que os objetos de aprendizagem, como as simulações, devem possuir:

Espera-se que os OA estimulem o desenvolvimento das capacidades pessoais, como, por exemplo, imaginação e criatividade. Eles devem ter, dentre outras características, conexão com o mundo real e incentivo à experimentação e observação de fenômenos.

É importante ressaltar, no entanto, que somente a presença das tecnologias na educação não garante uma mudança nos processos de ensino e de aprendizagem. Veit, Araújo e Moreira (2004, p. 8) destacam:

Usar tecnologias computacionais no Ensino de Física sem, pelo menos, um referencial teórico sobre aprendizagem, sem, no mínimo, uma concepção teórica sobre como o sujeito aprende, pode ser um erro igual ao já cometido com os equipamentos, livros, vídeos e outros recursos instrucionais.

Portanto, faz-se necessário o uso adequado destas tecnologias. Veit e Teodoro (2005, p. 94) destacam que as iniciativas de criar material didático adicional são bem vindas, buscando dar suporte ao uso de *softwares* educacionais. É neste sentido que esta pesquisa abordou o uso de tecnologias no ensino das formas de propagação de energia térmica, através de atividades experimentais e simulações computacionais com o programa *Energy2D* e os simuladores *PhET Interactive Simulation*, da Universidade do Colorado (EUA)⁹. Na sequência são apresentadas breves considerações sobre o funcionamento destes aplicativos.

2.3.1. Detalhamento do programa *Energy2D* e do *PhET*

As atividades de simulação computacional desta pesquisa foram exploradas no *Energy2D*¹⁰ - *Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone* do *National Science Foundation - The Concord Consortium* (EUA). Cabe destacar que não foram encontrados trabalhos, em pesquisas realizadas no portal de periódicos da Capes, que abordaram o *Energy2D*.

Conforme a própria descrição presente no *site* são simulações baseadas em pesquisas de física computacional. O *Energy2D* é um programa de simulação

⁹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/

¹⁰ Disponível em <http://energy.concord.org/energy2d/>

interativa de modelos que envolvem as formas de transferência de energia térmica por condução, convecção e radiação. É um programa que é executado de maneira rápida na maioria dos computadores.

O *Energy2D* pode ser usado pelos alunos como uma ferramenta de pesquisa e *design* para explorar e analisar os fluxos de energia térmica e massa em estruturas bidimensionais, sob diferentes condições ambientais, como a luz do sol e do vento. Os alunos podem criar situações para testar uma hipótese científica ou resolver um problema de engenharia.

De acordo com as informações do *Energy2D*, além da transferência de energia térmica, também estão sendo realizados estudos para incorporar outros tipos de transformações de energia (por exemplo, mudanças de fase e reações químicas através da condição Stefan), para suportar vários tipos de fluidos (por exemplo ar e água), e para fornecer interfaces de sensor.

O objetivo do *Energy2D* é ser um sistema versátil de engenharia assistida por computador para os alunos aprenderem ciências e engenharia através da experimentação virtual, investigação e *design*.

De acordo com as informações presentes no *site* do *Energy2D*, ele pode ser usado como um aplicativo de *desktop* para criar simulações de energia ou simulações térmicas. As simulações podem ser implementadas como *applets* Java embutidos em páginas *web*. O *applet Energy2D* é executado dentro de qualquer navegador em *Windows* e *Linux*, bem como o *Safari* ou *Firefox* no *Mac OS X 10.7.3* ou superior, desde que o Java esteja instalado e ativado. Uma versão que irá trabalhar no *Android* e *iOS* está sendo desenvolvida.

Já o *PhET Interactives Simulations* é um projeto da Universidade do Colorado. Surgiu como uma proposta para melhorar a maneira como a ciência é ensinada e aprendida. O *PhET* projeta, desenvolve e fornece mais de 125 simulações interativas grátis para uso educacional nas áreas de Física, Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática. As simulações são em Java, *Flash* ou *HTML5*, e podem ser executadas *on-line* ou fazendo *download* para o computador. Todas as simulações são de código aberto. Os recursos do *PhET* são livres.

Conforme Arantes, Miranda e Studart (2010), o *PhET* é um programa da Universidade do Colorado que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de ciências e as disponibiliza em seu portal para serem usadas *on-line* ou serem baixadas gratuitamente pelos usuários que podem ser alunos, professores ou mesmo curiosos. Nas simulações, procura-se conectar fenômenos diários com a ciência, oferecendo modelos fisicamente corretos de maneira acessível. Adams *et al.* (2008) descrevem os objetivos do *PhET*, cujas simulações serão utilizadas neste trabalho como:

[] um projeto da Universidade do Colorado (EUA) concebido para desenvolver simulações de alta qualidade em diversas áreas da ciência. Além de produzir as simulações, a equipe do *PhET* busca realizar uma avaliação da eficiência de seu uso em salas de aula. Esse uso pode tomar várias formas: aulas expositivas, atividades em grupo, tarefas para casa, entre outras.

Arantes, Miranda e Studart (2010, p. 29) ainda apresentam em sua análise sobre o *PhET*, em trabalho de pós-doutorado apoiado pelo CNPq, os conteúdos abordados no tópico de Física:

[] simulações também são agrupadas em seções específicas de cada área como física, química, ciências da terra e matemática. Todas as simulações são classificadas de acordo com o nível de ensino. Em física, as simulações são agrupadas em sete categorias: Movimento; Trabalho, Energia e Potência; Som e Ondas; Calor e Termodinâmica; Eletricidade, Magnetismo e Circuitos; Luz e Radiação; e Fenômenos Quânticos.

Cabe salientar que nesse trabalho incorporou-se algumas simulações apresentadas no *PhEt* e no *Energy2D*, conjuntamente com as atividades experimentais no tópico de Termologia, abordando as formas de propagação da energia térmica.

2.4 Modos de transferência da energia térmica – condução, convecção e radiação

No estudo da transferência de energia térmica é importante a definição de alguns conceitos como calor e temperatura, tradicionalmente confundidos no senso comum. Young e Freedman (2008, p. 179) em seu livro afirmam que “os termos ‘temperatura e calor’ costumam ser usados como sinônimos na linguagem do dia a dia. Em física, contudo, estes dois termos têm significados bastante diferentes”.

No senso comum o conceito de temperatura está relacionado às ideias de quente e frio, ou seja, definidas pelo tato. Essa visão é vaga em termos científicos. A temperatura está relacionada com a energia cinética das moléculas de um material. As escalas mais utilizadas para medir temperatura segundo Hewitt (2002), Young e Freedman (2008) e Tipler (2013) são Celsius, Fahrenheit e Kelvin. Já o conceito de calor está relacionado com a energia térmica em trânsito entre os corpos desde que haja diferença de temperatura entre eles. Young e Freedman (2008, p. 190, grifos dos autores) destacam:

É extremamente importante que você entenda a diferença entre *calor* e *temperatura*. A temperatura depende do estado físico de um material, indicando, por meio de uma descrição quantitativa, se o material está quente ou frio. Na física, o termo calor sempre se refere a uma transferência de energia de um corpo ou sistema para outro, em virtude de uma diferença de temperatura existente entre eles, nunca indica a quantidade de energia contida em um sistema particular. Podemos alterar a temperatura de um corpo fornecendo ou retirando calor dele, ou retirando ou fornecendo outras formas de energia, tal como a energia mecânica.

No uso popular a palavra calor é frequentemente usada onde devia estar a palavra temperatura. Segundo Halliday e Resnick (2006, p. 185):

Tanto o calor quanto o trabalho representam trocas de energia entre um sistema e o seu ambiente. Calor e trabalho, diferente de temperatura, pressão e volume, não são propriedades intrínsecas de um sistema. Eles têm significado apenas enquanto descrevem a transferência de energia de um sistema, adicionando-se ou subtraindo-se ao total da energia interna do sistema.

Outros autores definem calor como uma transferência de energia que ocorre, espontaneamente, do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Conforme Hewitt (2002, p. 270):

O sentido da transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio. A energia que é transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de calor.

Portanto, de acordo com o que é descrito pelos autores citados anteriormente, os conceitos de calor e temperatura precisam estar bem compreendidos pelos estudantes para que os mesmos melhor entendam as formas de transferência de energia térmica: condução, convecção e radiação.

A condução é um processo de transferência de energia térmica que ocorre em sólidos, necessitando de um meio material para se propagar. A convecção, por sua vez, só ocorre em fluidos (líquidos e gases), precisando, portanto também de um meio material para se propagar. Já a radiação térmica é o único modo de propagação de energia térmica que pode ocorrer no vácuo. Young e Freedman (2008, p. 199) destacam:

Os três mecanismos de transferência de calor são a condução, a convecção e a radiação. A condução ocorre no interior de um corpo ou entre dois corpos em contato. A convecção depende do movimento da massa de uma região para outra. A radiação é a transferência de calor que ocorre pela radiação eletromagnética, tal como a luz solar, sem que seja necessária a presença de matéria no espaço entre os corpos.

Halliday e Resnick (2006, p. 198) também fazem, resumidamente, as suas definições:

Se você deixar no fogo um objeto de metal que esteja segurando, sua mão começará a esquentar. A energia é transferida do fogo para a mão por condução, pelo objeto de metal. A convecção ocorre quando as diferenças de temperatura causam um deslocamento dentro de um fluido, transferindo calor. A radiação é a transferência de calor via emissão de energia eletromagnética. Todos os objetos irradiam energia, a quantidade aumenta com a temperatura.

Para Hewitt (2002, p. 293, grifo do autor), as definições de condução, convecção e radiação são as seguintes:

Condução: A transferência de energia térmica pelas colisões eletrônicas e moleculares no interior da substância (especialmente se for sólida).

Convecção: A transferência de energia térmica em um líquido ou gás por meio de correntes no interior de um fluido aquecido. O fluido se move, transportando com ele energia.

Radiação: A transferência de energia por meio de ondas eletromagnéticas.

É importante que o estudante perceba que a radiação não é apenas uma

forma de propagação de energia térmica. Ela é uma onda eletromagnética. Este conceito é importante para estudos posteriores dentro da Física. Hewitt (2002, p. 284-285, grifo do autor) destaca:

A energia vinda do Sol atravessa o espaço, depois a atmosfera terrestre para, então aquecer a superfície da Terra. Sabemos que no espaço vazio não é possível haver transmissão de energia solar por convecção ou condução. Assim, vemos que a energia deve ser transmitida de outra maneira – por radiação (a radiação que estamos falando aqui é a radiação eletromagnética, incluindo a luz visível). A energia radiante está na forma de *ondas eletromagnéticas*. Isso inclui as ondas de rádio, as micro-ondas, a luz visível, a radiação ultravioleta, os raios X e os raios gama. Essas formas de energia radiante estão listadas por comprimento de onda, do mais longo para o mais curto.

Portanto, partindo dos referenciais transcritos anteriormente, passa-se a pensar em como as atividades experimentais e as simulações computacionais podem contribuir nos processos de ensino e de aprendizagem dos conceitos da Termologia, para os estudantes do Ensino Médio.

2.5 Estado da arte

As informações apresentadas nessa seção foram realizadas a partir de buscas nas teses, dissertações e artigos, disponibilizados nos portais da Capes e *InterSciencePlace*, bem como nos repositórios das instituições universitárias brasileiras onde esses trabalhos foram publicados. Como foram poucos trabalhos encontrados com a temática abordada neste projeto, não definiu-se busca por algum ano específico ou a partir de determinada data.

Quando utilizadas as palavras chaves “atividades experimentais Física” encontrou-se duzentos e dez registros. Ao utilizar as palavras chaves “atividades computacionais Física” encontrou-se oitenta e seis registros. Cabe destacar que nestes registros apareceram trabalhos repetidos, incluindo os da busca mais refinada feita a seguir e que serviram de aporte teórico para este projeto. Por serem mais amplos, optou-se por detalhar mais a busca de resultados.

Nova busca foi realizada, agora com o parâmetro “atividades experimentais computacionais Física” e elencou quinze trabalhos publicados, porém, ao realizar a leitura de seus resumos, percebeu-se que cinco registros não condiziam ao que era buscado. Tratavam sobre nível de atividade física, variabilidade espacial de variáveis geiofísicas nas nascentes de bacia hidrográfica, não vindo ao encontro do foco deste projeto. Uma publicação tratava de bases epistemológicas da psicologia cognitiva experimental e não abordava a temática em questão. Outras duas citavam apenas referências em almanaques.

Portanto, a análise da produção recente ficou restrita a dez trabalhos publicados na área de atividades experimentais e simulações computacionais no ensino de Física. Cabe salientar que na pesquisa realizada no *InterSciencePlace* nenhum resultado foi encontrado. Dos dez trabalhos, apenas três exploraram essa temática e mostraram resultados importantes sobre o uso desses recursos nessa modalidade de ensino e foram utilizados nas descrições que seguem. A autora deste trabalho acredita que essa amostragem já possa apresentar algumas contribuições que o uso de atividades experimentais e simulações computacionais proporcionam ao ensino.

Dentre as produções que utilizaram atividades experimentais e simulações computacionais merece destaque a dissertação de mestrado desenvolvida por Heidemann (2011) com o título “Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de Física por parte de professores do ensino médio”. Neste trabalho enfatizam-se as vantagens para o uso de atividades experimentais (AE) e de atividades computacionais (AC) no ensino de Física.

Conforme Heidemann (2011), estudos mais recentes têm concluído que a combinação desses dois recursos pode ser ainda mais eficaz do que quando usados isoladamente. No entanto, raros são os professores que exploram tais estratégias didáticas com frequência e de forma adequada em suas aulas. O objetivo geral do trabalho de Heidemann (2011) foi investigar as causas que levam os professores da educação básica a desprezarem as atividades experimentais e as atividades computacionais e, muitas vezes, utilizar esses recursos de forma inadequada. Foram investigadas quais são as principais crenças dos professores em relação a essas

estratégias e seus possíveis usos combinados, assim como suas atitudes frente à aplicação dessas estratégias no ensino de Física.

Os resultados da pesquisa mostraram que os docentes atribuem grande importância ao uso de atividades experimentais (AE), porém em relação às atividades computacionais (AC) não atribuem a mesma importância. Conforme Heidemann (2011, p. 108-109):

Os resultados mostraram que os docentes atribuem grande importância ao uso de AE no ensino de Física; já em relação às AC, apesar de considerarem que podem ser muito úteis, não atribuem a mesma importância do que às AE. Pode-se concluir também que, de modo geral, os professores não apresentam um sólido conhecimento sobre o uso de AE e AC, apresentando dificuldades para, principalmente, destacar suas limitações. Poucos deles percebem a necessidade de estratégias didáticas adequadas para que as AE e as AC efetivamente contribuam para a aprendizagem de Física. Em relação ao uso integrado de AE e AC, os resultados mostraram professores mais próximos do uso isolado desses recursos, defendendo que apenas um deles é suficiente para se ensinar Física, do que do uso combinado deles, explorando as vantagens de ambas estratégias didáticas.

Outro trabalho relevante foi a dissertação de mestrado “Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral” elaborada por Dorneles (2010). O autor destaca que o objetivo da pesquisa era integrar atividades computacionais com experimentais através da elaboração, implementação e avaliação de uma proposta didática baseada nas teorias de aprendizagem de Ausubel e Vygotsky e a visão epistemológica de Bunge sobre modelos teóricos. A pesquisa foi desenvolvida com alunos da licenciatura e bacharelado em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dorneles (2010, p. 204-205) destaca:

Os resultados mostram que a integração entre esses dois tipos de atividades pode propiciar aos alunos uma visão epistemológica mais adequada sobre os papéis dos modelos teóricos, do laboratório e do computador, e promover a interatividade e o engajamento dos alunos em seu próprio aprendizado, transformando a sala de aula em um ambiente propício para uma aprendizagem significativa dos conceitos de Eletromagnetismo em nível de Física Geral.

A proposta levou em conta que há diferentes maneiras de integrar experiência e recursos computacionais e que a eficácia desses recursos não depende apenas das suas características inerentes, mas, especialmente, das estratégias didáticas utilizadas pelo professor. A perspectiva apontada por Dorneles (2010) é futuramente

a implementação dessa proposta didática envolvendo conteúdos de Termodinâmica ou Ondas, objetivando a melhoria de incertezas experimentais, noções de ordem de grandezas, facilitando a discriminação entre sistemas reais e ideais.

Portanto, conforme os objetivos e os resultados apresentados nessas pesquisas, direcionadas para o uso de atividades experimentais e simulações computacionais, pode-se inferir que todas apresentaram resultados favoráveis ao uso desses recursos nessa modalidade de ensino.

Na sequência são apresentados outros trabalhos que foram encontrados com as buscas realizadas. Nessa amostragem, as pesquisas foram selecionadas independentemente do nível ou modalidade de ensino. Destes, seis trabalhos fazem referência ao ensino de Física, cinco aos métodos computacionais, três ao eletromagnetismo. Quanto ao nível de abrangência das pesquisas de produção recente, observa-se três trabalhos para o Ensino Médio e dois para o Ensino Superior. Um dos registros apresentados é um artigo publicado por Dorneles (2010) referente à sua dissertação, descrita anteriormente. É importante destacar que o autor com maior número de trabalhos é Veit (5 produções) incluindo orientações de dissertações de mestrado e usado como referência nesta pesquisa, seguido de Dorneles (2 produções).

Entre as pesquisas cita-se também Sias (2006) com sua dissertação de mestrado cujo título é “A aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na Física térmica do ensino médio”. O trabalho destaca a relevância do uso de instrumentos pedagógicos que contribuam para a aprendizagem significativa. Conforme Sias (2006, p. 25):

Diante dos problemas vivenciados no ensino da Física cabe ao professor a tarefa de tentar combater as dificuldades de seus alunos, proporcionando-lhes experiências de aprendizagem eficazes, procurando atualizar, tanto quanto possível, os instrumentos pedagógicos que utiliza.

Conforme a autora, as atividades experimentais em Física são importantes, bem como a reflexão a respeito de como utilizar tais atividades para que possam realmente contribuir para uma aprendizagem significativa. Ao observar os resultados dessa pesquisa, constata-se que é mais uma evidência convincente sobre as várias

possibilidades de ensino e de aprendizagem proporcionadas pelo uso de atividades experimentais.

A dissertação de mestrado apresentada por Silva (2005) também traz considerações importantes para este projeto. Em seu trabalho “Uma experiência didática de inserção do microcomputador como instrumento de medida no laboratório de Física do ensino médio” a autora aborda cinco atividades experimentais que envolvem o uso do microcomputador como instrumento de medida no laboratório didático de Física e o público alvo são alunos do Ensino Médio Adulto (termo usado pela autora).

As atividades são do tipo aberto, de modo que os alunos têm a oportunidade de explorar, testar e discutir soluções para todo o processo de medida, desde o uso de sensores nos sistemas de detecção, à conversão analógica/digital, passando pelos *softwares*. Silva (2005, p. 48) enfatiza em suas conclusões:

Em contraposição aos tradicionais roteiros de laboratório, cujo objetivo maior é conduzir os alunos a obter resultados experimentais que “comprovem” conhecidas leis ou reproduzam valores tabelados para determinadas grandezas física, estas atividades visam o envolvimento do aluno em todo o processo de medida, desde os sistemas de detecção até os resultados finais, enfatizando os aspectos conceituais do conteúdo. Procura-se instigar o espírito investigativo, o raciocínio crítico, a colaboração entre membros de um grupo na solução de problemas, a tomada de decisões, a troca de conhecimentos (entre alunos, aluno e professor, grupos de trabalho).

As considerações de Silva (2005) vêm ao encontro das expectativas deste trabalho, ao tornar o aluno participativo durante as atividades experimentais e computacionais.

Finalmente, Costa (2007) em sua dissertação de mestrado “A matemática e os circuitos elétricos de corrente contínua: uma abordagem analítica, prático-experimental e computacional” desenvolve um material didático, sob a forma de cadernos, acompanhado de protótipo de circuito simples para testes experimentais, a ser utilizado no ensino de nível médio. O conteúdo aborda tópicos de física e matemática como equações e sistemas lineares, motivados por fenômenos físicos. O autor pretendeu explorar o aspecto experimental (com a construção e o uso de protótipo de circuitos simples), o analítico (com a resolução de equações e sistemas

lineares, e com uma introdução à programação linear) e o computacional (com uso da planilha eletrônica).

Embora essas duas últimas pesquisas não contemplem diretamente os temas, as atividades experimentais e as simulações computacionais aliadas no trabalho em sala de aula, apresentam algumas reflexões interessantes para este estudo. Nesse contexto, verifica-se que o uso de atividades experimentais por si só, ou integradas às simulações computacionais nos processos de ensino e aprendizagem, além de apresentar resultados cognitivos positivos, podem ser também uma alternativa pedagógica que estimule o desenvolvimento de novas habilidades e competências necessárias à construção do conhecimento.

Em suma, todas as sínteses das pesquisas relatadas nessa seção, apresentaram resultados favoráveis à utilização de atividades experimentais por si só, ou associadas às simulações computacionais, como ferramentas pedagógicas para o ensinar e o aprender. Esses dados reforçam ainda mais a necessidade do desenvolvimento de outras pesquisas onde as atividades experimentais estejam integradas às simulações computacionais.

Portanto, esta pesquisa intitulada “Atividades Experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no Ensino Médio” vem ao encontro de pesquisas já realizadas na linha de tecnologias e atividades experimentais, principalmente ao tratar de um tema que não é muito abordado nas pesquisas que já vem sendo realizadas: a transferência de energia.

Trabalhos parciais sejam eles pôsteres ou comunicações orais, referentes a esta pesquisa, já foram publicados e apresentados em congressos e encontros pelo país. Dentre os trabalhos, destaca-se a apresentação de um pôster com a proposta da pesquisa no XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, que ocorreu em janeiro do corrente ano em Uberlândia, Minas Gerais (MORO, NEIDE e VETTORI, 2015). Outro pôster foi apresentado na VIII Mostra do Mestrado em Ensino de Ciências Exatas promovido em julho deste ano pela Univates, em Lajeado, Rio Grande do Sul (MORO, NEIDE e REHFELDT, 2015a). E em outubro deste ano uma comunicação oral no VI Encontro Estadual de Ensino de Física, promovido pela Universidade

Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul (MORO, NEIDE e REHFELDT, 2015b).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo trata da caracterização da pesquisa, seu delineamento e organização metodológica. Também é apresentado o local em que foram desenvolvidas, as atividades experimentais realizadas e as simulações utilizadas durante a intervenção pedagógica.

3.1 Caracterização da Pesquisa

A metodologia abordada nesta pesquisa é qualitativa que conforme descrição de Prestes (2003, p. 30):

Preocupa-se em analisar e interpretar os aspectos mais profundos descrevendo a complexidade do comportamento humano. Fornece análise mais detalhada sobre as investigações, hábitos, atitudes, tendências de comportamento etc.

A escolha por esta abordagem justifica-se pelo fato da necessidade de analisar, interpretar, explicar e compreender as interações entre sujeitos e objeto de estudo. Quanto à perspectiva qualitativa, Moreira (2011b) afirma que esse tipo de análise interpretativa de dados gera asserções de conhecimento, as quais são

publicadas pelo pesquisador sob a forma de um relatório ou artigo de pesquisa, enfatizando a importância da narrativa neste tipo de descrição. Moreira (2011b, p. 51) destaca:

O pesquisador enriquece sua narrativa com trechos de entrevistas, excertos de suas anotações, vinhetas, exemplos de trabalhos de alunos, entremeados de comentários interpretativos procurando persuadir o leitor, buscando apresentar evidências que suportem sua interpretação e, ao mesmo tempo, permitem ao leitor fazer julgamentos de modo a concordar ou não com as asserções interpretativas do pesquisador.

Esta é uma pesquisa de caráter exploratório, tendo em vista os objetivos e a temática escolhida. Para Vergara (1997) é realizada onde há pouco conhecimento acumulado. Trata-se de um estudo de caso, pois está inserido num contexto particular e bastante limitado. Conforme Gil (2010, p. 37), o estudo de caso é “adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos”. No estudo de caso pode-se utilizar diferentes fontes como entrevistas, documentos, arquivos, observação, gravações.

Para o levantamento dos dados foram realizadas, no decorrer da pesquisa, observações em um diário de campo, onde foram registradas as atividades realizadas pelos alunos, mapas conceituais elaborados, fotos e gravações (registro em vídeo). Conforme Carvalho (2005) a gravação favorece a coleta dos dados, mostrando a sala de aula, o seu contexto e a dinâmica, além das relações entre professor-aluno e aluno-aluno. Carvalho e Locatelli (2007, p. 25) destacam ainda:

A gravação favorece a coleta de informações quando os alunos estão no pequeno grupo resolvendo o problema e quando já com toda a classe estão discutindo, sob a orientação do professor. Estes são os momentos em que os alunos, ao experimentarem, ao explicarem o “como?” e o “por quê?”, apresentam, por meio das linguagens gestual e oral, as estruturas do raciocínio utilizadas para chegar à resolução do problema proposto.

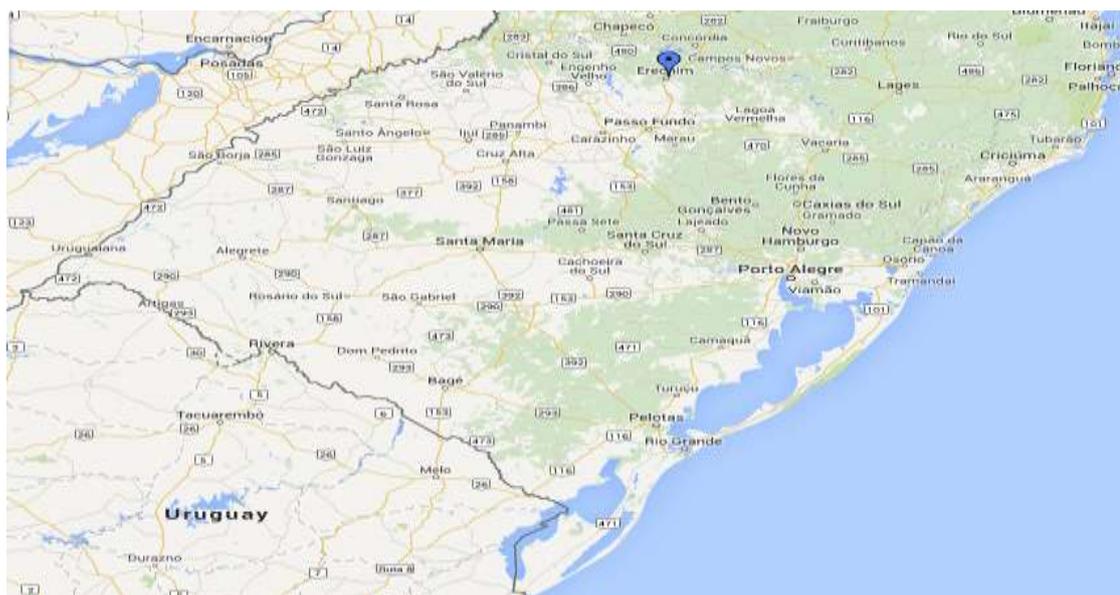
Por este motivo, as aulas analisadas nesta pesquisa foram assistidas várias vezes e os dados, coletados por meio de transcrições em um diário de campo, tanto dos alunos sozinhos ou em pequenos grupos, como nas discussões efetuadas com toda a turma.

O diário de campo é um documento de registros diários que mostra o detalhamento da pesquisa. Martins (2008) aponta a importância de registros das

reflexões, resultados, observações, situações que ocorrem durante a investigação, comentários dos participantes, opiniões. Para tais registros, Martins (2008) sugere um diário de campo. Carvalho e Locatelli (2007) e Roth e Lawless (2002) também destacam a necessidade da atenção do uso da linguagem gestual, uma vez que, nesse nível de ensino, os alunos têm certa dificuldade em se expressarem fazendo uso da linguagem científica, pois esta, inicialmente, é utilizada de forma confusa e inconclusiva.

Esta pesquisa qualitativa foi desenvolvida com trinta e cinco estudantes, da turma 222 do 2º ano do de uma escola da rede privada, do município de Erechim, Rio Grande do Sul, com o conteúdo de Termologia, em especial propagação da energia térmica. A escolha desta turma justifica-se pelo fato do referido conteúdo ser abordado nesta série. É importante mencionar que as atividades foram desenvolvidas nas duas turmas, tanto para evitar comparações entre as mesmas, quanto aos recursos que o professor utilizou nas aulas. Portanto, as duas turmas efetivaram as mesmas atividades, contudo para a análise dos dados presentes nesta pesquisa, por sorteio, foi determinada a turma 222. Esta turma é composta 17 estudantes do sexo feminino e 18 do sexo masculino. A Figura 4 apresenta a localização do município de Erechim.

Figura 4 – Localização do município de Erechim, Rio Grande do Sul



Fonte: <https://www.google.com/maps>, 2015

Buscando a melhor transcrição e compreensão das respostas apresentadas pelos estudantes, optou-se por elencar algumas questões norteadoras. Os estudantes serão nomeados por E¹, E², e assim sucessivamente. O Quadro 1 apresenta as questões norteadoras para cada objetivo proposto nesta pesquisa.

Quadro 1 – Resumo dos objetivos e das questões norteadoras

Problema: Quais as implicações da integração das atividades experimentais e simulações computacionais na aprendizagem significativa dos estudantes no conteúdo de transferência de energia térmica no 2º ano?	
Objetivo Geral: Investigar as implicações do uso de simulações vinculadas às atividades experimentais na aprendizagem significativa dos estudantes no tópico transferência de energia térmica.	
Objetivos Específicos	Questões Norteadoras
1) Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados à transferência de energia térmica (condução, convecção e radiação), bem como suas aplicações em situações do cotidiano.	1 - Quais os conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes?
2) Desenvolver o conteúdo de transferência de energia térmica (condução, convecção e radiação) por meio da integração de atividades experimentais e de simulações computacionais durante as aulas de Física no 2º ano do Ensino Médio.	2 - Quais as atividades experimentais e as simulações computacionais que podem contribuir para a formação de conceitos de transferência de energia térmica?
3) Investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos sobre elementos importantes da Termologia (modos de propagação de energia térmica).	3 - Quais as contribuições efetivas do uso de atividades experimentais e simulações computacionais nas aulas do 2º ano do Ensino Médio na construção de conceitos de propagação da energia térmica?

Fonte: O autor, 2015.

O instrumento inicial de coleta de dados desta intervenção foi um questionário de conhecimentos prévios (Apêndice C) com perguntas abertas, pois conforme Gil (2010) as técnicas padronizadas – questionário fechado – trazem informações de baixo nível de argumentação, o que dificulta o trabalho argumentativo. Para a

análise dos dados do diário de bordo e dos demais instrumentos coletados, optou-se em utilizar o enfoque descritivo e interpretativo que conforme Moreira (2011b) o investigador não preocupa-se em fazer inferências estatísticas e sim em descrever e interpretar os dados.

Para a análise dos materiais coletados optou-se pela análise do discurso que, conforme Fernandes (2008) é uma teoria que tem como objeto de estudo o próprio discurso e que apresenta-se como um entrecruzamento de diversos campos disciplinares, com destaque para a linguística, o materialismo histórico (por situar a linguagem na história), por exemplo.

Conforme afirma Orlandi (1999), a análise de discurso começa por um *recorte*, que consiste na identificação de fragmentos de *corpus* dotados de sentido, ou seja, associações semânticas.

Na sequência é apresentada a organização desta pesquisa.

3.2 Organização da Pesquisa

A presente pesquisa foi organizada em seis momentos, sendo eles: assinatura da Carta de Anuência da Direção da Instituição de Ensino, assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido dos pais, aplicação do questionário semiestruturado, desenvolvimento da intervenção pedagógica (atividades experimentais e simulações computacionais), construção do mapa conceitual e apresentação dos mapas conceituais elaborados. Nos próximos itens, é apresentado detalhadamente cada um desses momentos.

1º) Carta de Anuência para a Direção da Instituição de Ensino

Para o desenvolvimento da pesquisa na referida instituição de ensino foi fornecida a Carta de Anuência para a direção da escola (Apêndice A) esclarecendo a mesma quanto ao uso do nome na dissertação. Neste momento, em reunião com

a equipe diretiva da Instituição de Ensino, foram explicados os objetivos e procedimentos metodológicos da pesquisa.

A direção e coordenação pedagógica prontamente aceitaram a realização da pesquisa. Cabe destacar que a pesquisadora é professora nesta instituição desde 2005. Portanto, os estudantes já haviam sido seus alunos em séries do Ensino Fundamental. Como mencionado anteriormente, a proposta foi desenvolvida nas duas turmas do 2º ano do Ensino Médio, mas, por critério de sorteio, serão analisados os dados da turma 222.

2º) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Após o recebimento da anuência da direção e coordenação pedagógica, foi entregue o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (Apêndice B) para os estudantes e explicado os objetivos da pesquisa. Este termo foi assinado pelos seus responsáveis. Todos os pais concordaram com a participação de seus filhos na pesquisa, bem como, no uso das imagens destes em publicações.

3º) Questionário Semiestruturado

Os sujeitos da pesquisa responderam, inicialmente, um questionário semiestruturado com perguntas abertas (Apêndice C). O objetivo deste questionário foi analisar o conhecimento prévio desses alunos sobre calor, temperatura e modos de propagação da energia térmica, principalmente aplicadas no cotidiano, conforme listado nos objetivos específicos deste projeto. A Figura 5 destaca os estudantes da turma respondendo ao questionário semiestruturado.

Figura 5 – Estudantes da turma 222 respondendo o questionário inicial



Fonte: O autor (2015)

O questionário semiestruturado foi aplicado aos alunos individualmente com objetivo de examinar os conhecimentos prévios relevantes, referentes ao conteúdo de Termologia (propagação de energia térmica) e a conexão que estes fazem com termos como calor e temperatura, bem como as relações com o cotidiano.

De acordo com a aprendizagem significativa é importante a verificação dos conhecimentos prévios para, se houver necessidade, trabalhar com organizadores prévios. Moreira (2011a, p. 104-105) destaca:

Precisamente aí é que entra, segundo Ausubel, a utilização de organizadores prévios que servem de “âncoradouro provisório” para a nova aprendizagem e levam ao desenvolvimento de conceitos, ideias e proposições relevantes que facilitam a aprendizagem subsequente. O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa.

Cabe ressaltar que os questionários não tiveram identificação do estudante, vindo ao encontro do que destaca Elliot (2005, p. 26) “os respondentes encontram maior liberdade e segurança na apresentação de suas respostas porque, em geral, são informados de que tem o anonimato preservado”. As folhas contendo as respostas dos alunos foram nomeadas E¹, E² e assim sucessivamente.

4º) Intervenção Pedagógica

Primeiramente foram realizadas as atividades experimentais sobre condução, convecção e radiação, no Laboratório de Física e Química da escola, bem como a abordagem teórica dos conteúdos pelo pesquisador. A teoria dos conteúdos e conceitos abordados permeou as atividades experimentais. Portanto, alguns conceitos foram trabalhados com a própria prática experimental. Os estudantes receberam um roteiro semiestruturado e o professor mediou o processo.

Foram desenvolvidos os conteúdos de transferência de energia térmica utilizando os roteiros e materiais já construídos como ponto principal para o ensino e a aprendizagem deste conteúdo. A turma organizou-se em grupos de até cinco componentes. Foram disponibilizados os equipamentos para cada um dos grupos. Cabe salientar que as atividades experimentais e a abordagem teórica ocorreram simultaneamente. No apêndice D encontram-se descritas as atividades realizadas. O Quadro 2 apresenta os conteúdos, atividades, recursos e objetivos referentes à intervenção pedagógica realizada nesta pesquisa.

Quadro 2- Atividades realizadas durante a intervenção pedagógica

Aula	Atividades	Objetivos
Aula 1	Termo de Consentimento Livre Esclarecido. Apresentação do Projeto de Pesquisa	Entender o funcionamento da pesquisa e perceber a importância da mesma.
Aula 2	Questionário Semiestruturado (Apêndice C)	Identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca de conceitos de temperatura, calor e formas de propagação da energia térmica.
Aula 3	Atividade experimental sobre condução (Apêndice D)	Verificar a condutibilidade térmica em diferentes materiais.
Aula 4	Atividade experimental sobre convecção (Apêndice E)	Perceber a formação de correntes de convecção.
Aula 5	Atividade experimental sobre Radiação (Apêndice F)	Reconhecer a diferença na taxa de absorção de calor por radiação entre materiais de cores escuras e claras.

Aula 6	Simulações do <i>Energy 2D</i> sobre condução e convecção (Apêndices G e H) Simulação do <i>PhET</i> sobre radiação (Apêndice I)	Estabelecer relações entre as atividades experimentais realizadas e as simulações computacionais.
Aula 7	Elaboração do mapa conceitual em duplas	Elaborar um mapa conceitual abordando a temática estudada e suas relações com o cotidiano.
Aula 8	Apresentação do Mapa Conceitual	Apresentar o mapa conceitual elaborado.

Fonte: Autor da pesquisa, 2015

A Figura 6 apresenta um esboço da montagem dos equipamentos que foram utilizados na intervenção pedagógica. Salienta-se que esses foram construídos pelo pesquisador.

Figura 6 - Esquema das atividades experimentais



Fonte: O autor, 2014

As atividades desenvolvidas foram filmadas para fins de comprovação da prática pedagógica, um dos requisitos do mestrado profissional. A Figura 7 ilustra alguns grupos da turma 222 realizando a atividade experimental sobre condução térmica.

Figura 7 – Alunos realizando a atividade sobre condução térmica



Fonte: O autor, 2015.

Após a realização da atividade experimental os estudantes, em seus grupos, responderam alguns questionamentos que estavam no roteiro da atividade experimental, estabelecendo conexões entre o observado na atividade, a teoria abordada pelo pesquisador e o seu cotidiano.

Na aula seguinte os grupos dirigiram-se novamente ao Laboratório de Química e Física da escola para a realização da atividade experimental sobre convecção térmica. A Figura 8 apresenta os grupos, da turma 222 durante a realização da atividade proposta.

Figura 8 – Alunos realizando a atividade sobre convecção térmica



Fonte: O autor, 2015.

Conforme descrito anteriormente no Quadro 1, a turma 222 realizou a última atividade experimental proposta, sobre radiação térmica. A Figura 9 apresenta os grupos durante a realização da referida atividade.

Figura 9 – Alunos realizando a atividade sobre radiação térmica



Fonte: O autor, 2015.

Na semana seguinte foram iniciadas as simulações computacionais. As simulações computacionais utilizadas foram pensadas buscando a integração com as atividades experimentais já realizadas no Laboratório de Física da instituição. Os estudantes trabalharam em duplas com seus próprios *notebooks*, em virtude do laboratório da escola, estar passando por manutenção.

Para estabelecer uma relação entre as atividades experimentais realizadas com material concreto, foram exploradas as simulações do *Energy2D - Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone* do *National Science Foundation -The Concord Consortium* (EUA). Neste momento, na própria sala de aula, os estudantes organizaram-se em duplas para a execução das simulações. Para a familiarização com o programa, o pesquisador mostrou detalhes do *Energy2D* e do *PhET* no projetor disponível na sala. Posteriormente, os estudantes utilizaram seus *notebooks* em virtude do Laboratório de Informática da escola estar passando por modernização neste ano, não estando ainda disponível para uso.

Cabe destacar que as atividades de simulação são importantes tendo em vista que algumas demonstrações só são possíveis de serem feitas com recursos computacionais. Sabe-se que qualquer pessoa percebe a propagação de energia

térmica ao longo de uma haste metálica (como o cabo de uma colher), pois queimará seus dedos. Porém, quando cores são inseridas nesta experiência pode tornar mais fácil e mais demonstrativa a situação, percebendo-se a propagação ao longo da haste metálica, fato este oferecido pela simulação computacional.

Outra vantagem do uso de simulações é o fato da reversibilidade do fenômeno, bem como o fato de estudante poder decidir o fato de parar e iniciar novamente a simulação. É por estes motivos que reforça-se a importância da integração das atividades experimentais com as simulações computacionais nesta investigação. Na Figura 10 apresenta-se a página de apresentação do *Energy2D*.

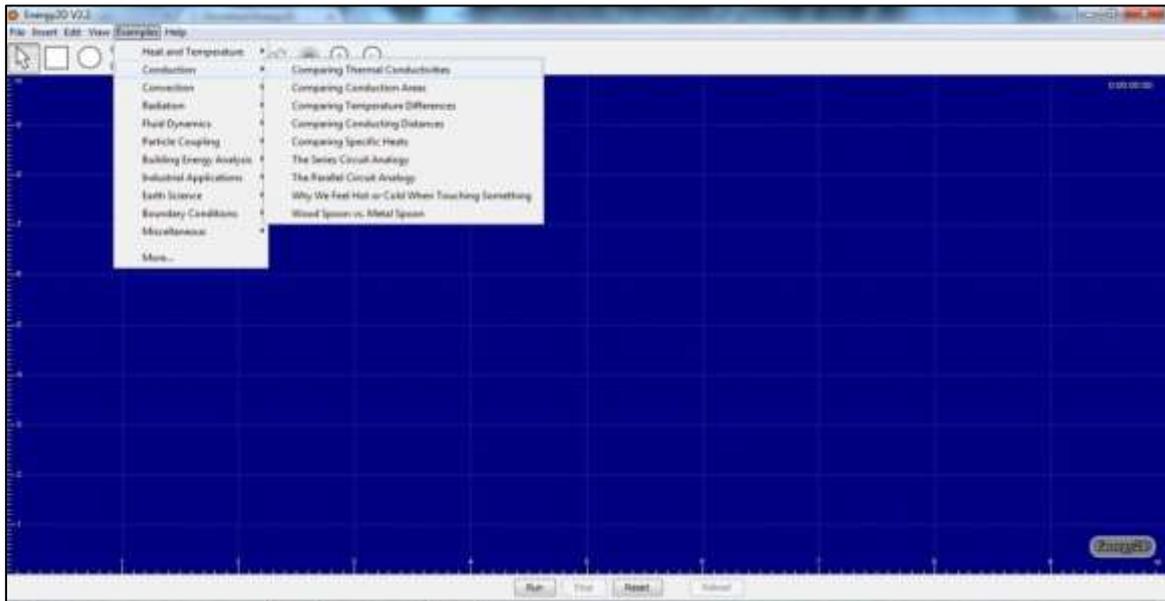
Figura 10 – Tela de apresentação do *Energy2D*



Fonte: <http://energy.concord.org/energy2d/>, 2015.

Quando o estudante clicar na opção de *download* abrirá uma nova tela (desde que o Java esteja atualizado). Na sequência, o estudante deve selecionar o menu *Examples* onde encontrará as opções *Conduction*, *Convection* e *Radiation*. A Figura 11 ilustra a tela que se apresentará para o estudante.

Figura 11 – Abertura do programa *Energy2D* e as opções dos conteúdos



Fonte: Energy2D, 2015.

No *PhET* foi utilizado o aplicativo relacionado à radiação. Quando o usuário abre a página do *PhET* tem a opção de informações sobre os aplicativos, bem como, selecionar as simulações que queira utilizar. A seleção pode ser feita por área do conhecimento. Na Figura 12 observa-se a página de abertura do *PhET*.

Figura 12 – Página inicial do *PhET Interactives Simulations*



Fonte: O autor, 2015

O roteiro com as atividades que foram exploradas no *Energy2D* no *PhET Interactives Simulations* encontra-se detalhado nos Apêndices G, H e I. A Figura 13 destaca os estudantes durante as atividades de simulação computacional.

Figura 13 – Estudantes durante a execução das simulações propostas



Fonte: O autor, 2015

5º) Elaboração do Mapa Conceitual

Os estudantes, em duplas, elaboraram um Mapa Conceitual (utilizando o *software Cmap Tools*) e o apresentaram para os colegas. É importante destacar que os estudantes já estavam familiarizados com o programa *Cmap Tools*, pois o pesquisador/professor já utilizou, anteriormente à pesquisa, esta estratégia de avaliação em suas aulas.

O mapa conceitual foi elaborado após as aulas experimentais e as simulações, com objetivo de auxiliar a averiguar se a proposta metodológica desenvolvida foi potencialmente significativa, ou seja, identificar indícios de que os alunos conseguiram compreender o conteúdo abordado a partir de uma metodologia que integra as atividades experimentais e as simulações computacionais. A Figura 14 apresenta alguns grupos durante a elaboração do Mapa Conceitual e sua posterior apresentação para os colegas e para o pesquisador.

Figura 14 – Estudantes elaborando o Mapa Conceitual

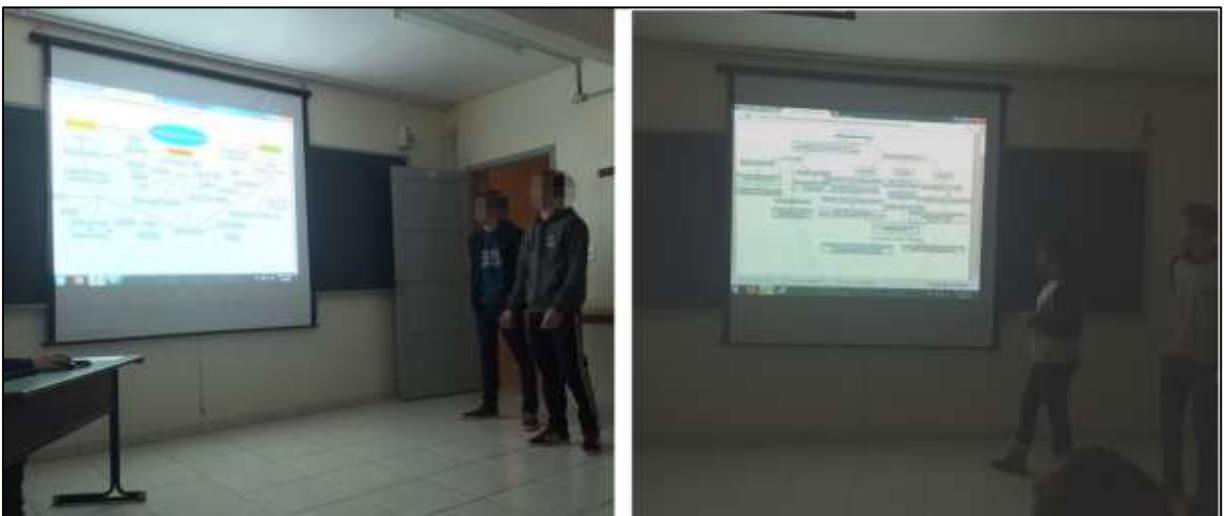


Fonte: O autor, 2015

6º) Apresentação do Mapa Conceitual

Após a elaboração do mapa conceitual, os estudantes salvaram o arquivo em formato pdf e o enviaram por *e-mail* para o pesquisador. A exposição e explicação para os demais colegas do mapa conceitual ocorreram na sala de projeção da escola, pelo fato do projetor móvel estar ocupado neste dia. Cada grupo, neste momento, apresentou o trabalho e as principais ideias sobre o tema estudado, bem como suas relações com o cotidiano. A Figura 15 ilustra algumas das duplas apresentando o Mapa Conceitual elaborado.

Figura 15 – Estudantes apresentando o Mapa Conceitual elaborado



Fonte: O autor, 2015

No próximo capítulo será apresentada a análise dos resultados e discussões dos dados obtidos na intervenção pedagógica.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são descritos os resultados emergentes da intervenção pedagógica, apresentando os dados coletados, ou seja, análise do questionário semiestruturado, respostas das atividades experimentais e das simulações computacionais, além dos comentários dos alunos, fotos e registros das atividades realizadas. Para a melhor compreensão do leitor este capítulo foi dividido em quatro subseções. A primeira apresentará a análise do questionário semiestruturado, a segunda abordará a análise das atividades experimentais, a terceira, a análise das simulações utilizadas e, finalmente, a análise dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes. Para estas análises são apresentadas as respostas de alguns dos estudantes, de forma individual ou em grupos, conforme a atividade trabalhada, tendo em vista que estas respostas traduzem de maneira representativa as dos demais grupos.

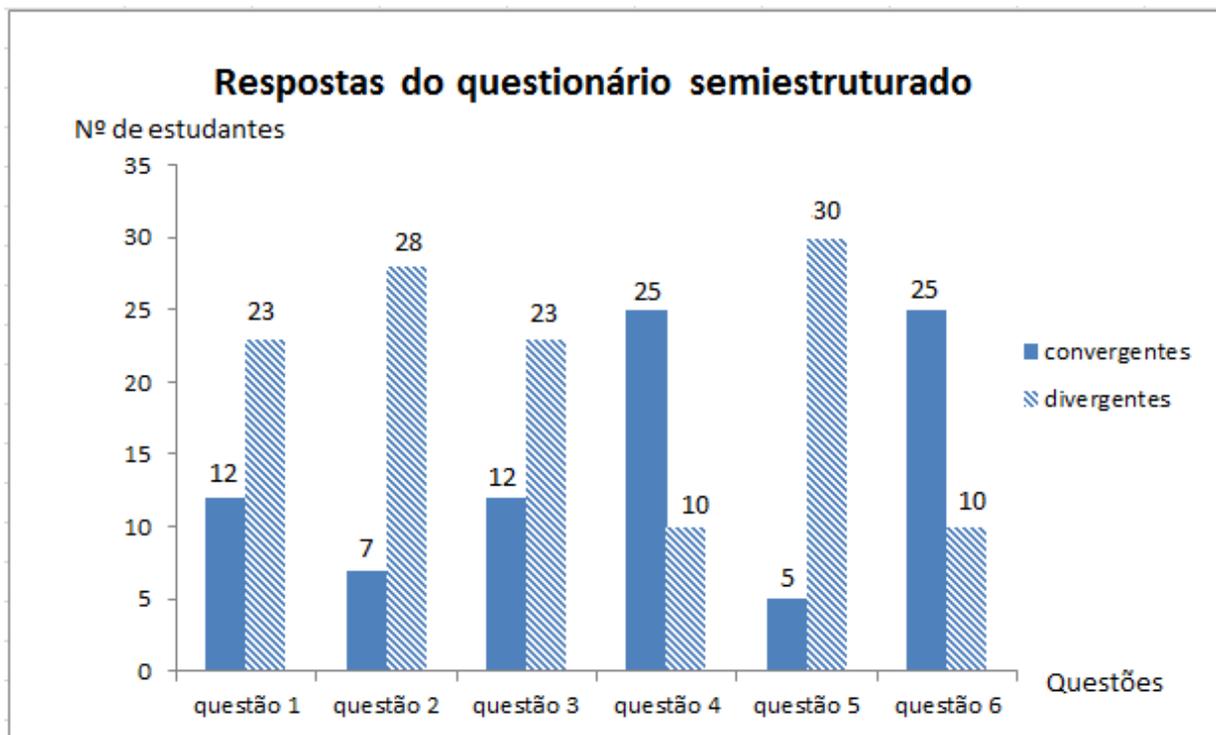
4.1 Análise do questionário semiestruturado

Inicialmente foi utilizado um questionário semiestruturado que consta no Anexo C, com perguntas abertas e dissertativas, como instrumento da coleta de dados inicial, o qual visou identificar os conhecimentos prévios dos estudantes

envolvidos na pesquisa. O questionário utilizado foi estruturado com 6 perguntas relacionadas aos modos de propagação da energia térmica. Posteriormente, os roteiros e questionamentos, tanto das atividades experimentais, quanto das simulações, também serviram de materiais para a análise, buscando evidências da aprendizagem significativa das formas de transferência de energia térmica e suas aplicações em situações vivenciais.

Na sequência, a Figura 16 apresenta a quantidade de respostas que convergiram para os modelos científicos atuais e as que divergiram desses conceitos, repassadas pelos estudantes no questionário semiestruturado.

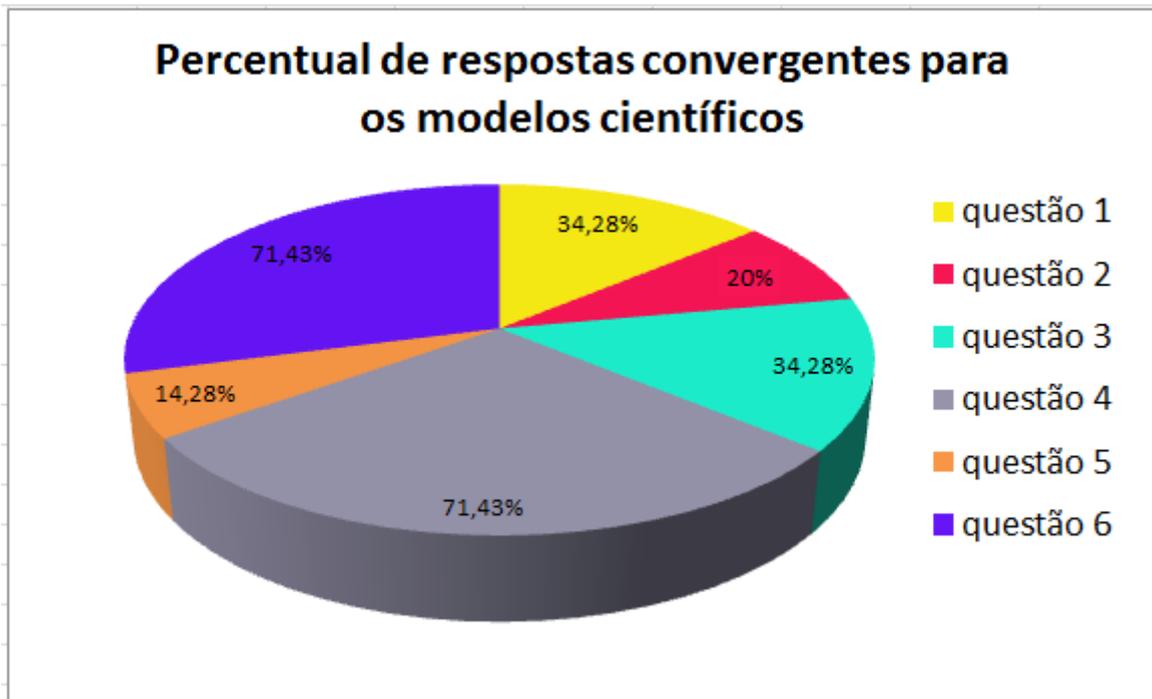
Figura 16 - Gráfico das respostas convergentes e divergentes



Fonte: O autor, 2015

Observa-se nesta Figura o número de respostas cientificamente aceitas (convergentes) e cientificamente não aceitas (divergentes). Já a Figura 17 apresenta, em percentual, as respostas convergentes ao modelos científicos para cada questão.

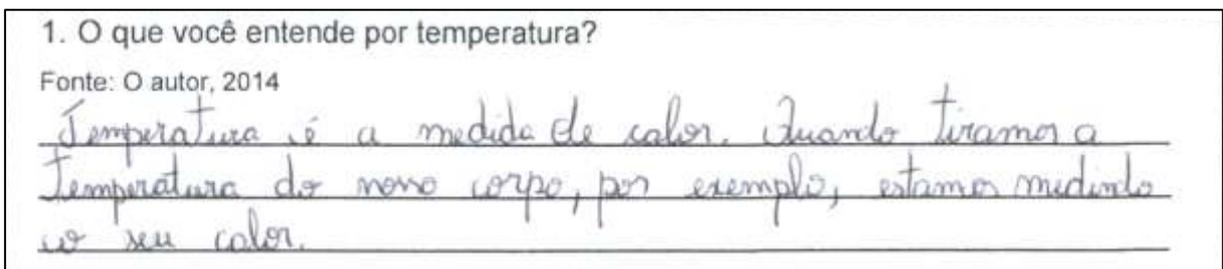
Figura 17 - Percentual de respostas convergentes em cada questão



Fonte: O autor, 2015

Durante a realização do questionário alguns estudantes mencionaram não saber o que escrever em determinada questão. Neste momento, o pesquisador entrevistou salientando a importância de explicarem algo, fato este que levou a nenhuma questão ter sido deixada sem resposta. Na questão 1 referente ao conceito de temperatura observa-se que 12 dos estudantes relacionaram temperatura com a quantidade de calor contida num corpo. A Figura 18 destaca a escrita do estudante E⁵.

Figura 18 – Resposta dada à questão 1 pelo estudante E⁵



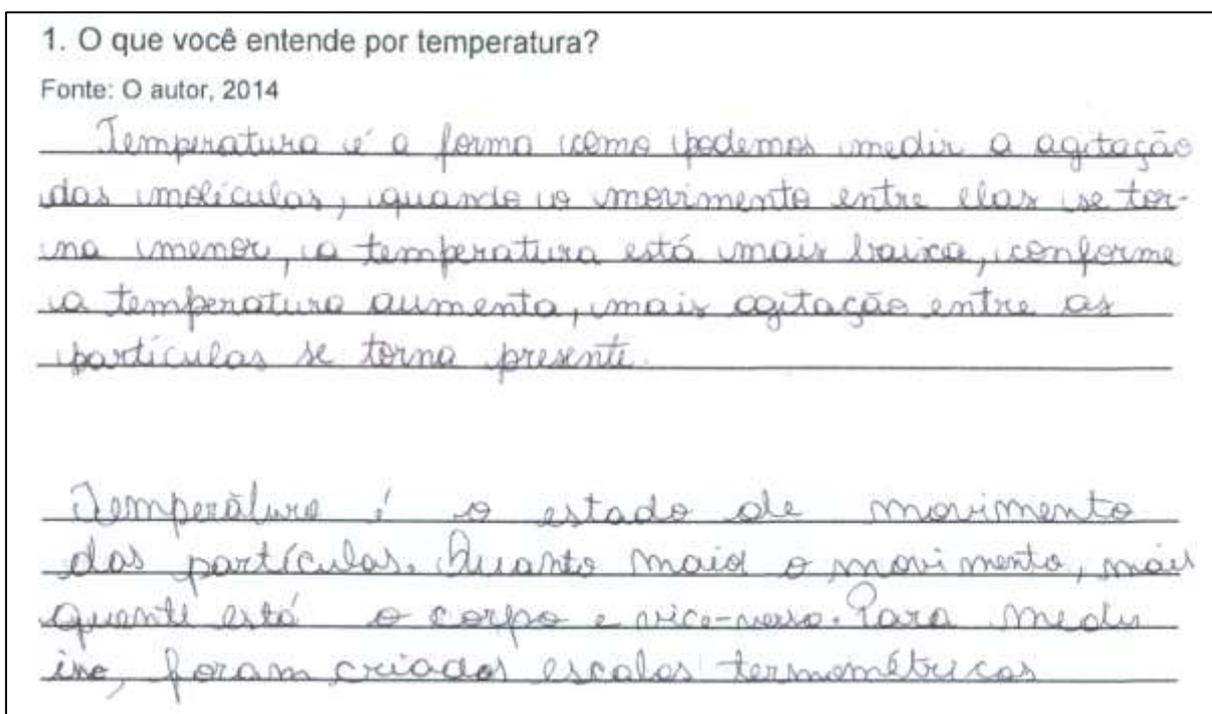
Fonte: O autor, 2015

Pode-se perceber nesta escrita que o estudante E⁵ confunde calor com temperatura. Conforme Carron e Guimarães (1997, p. 281):

Sabemos que um corpo é constituído de partículas em constante movimentação. A essa agitação das partículas se associa uma energia cinética média, que recebe o nome de energia térmica. Quanto maior a temperatura de um corpo, maior a agitação de suas partículas e, portanto, maior sua energia térmica.

Já a Figura 19 apresenta as respostas dos estudantes E⁴ e E¹³ referente à mesma questão.

Figura 19 – Respostas dadas à questão 1 - E⁴ e E¹³, respectivamente

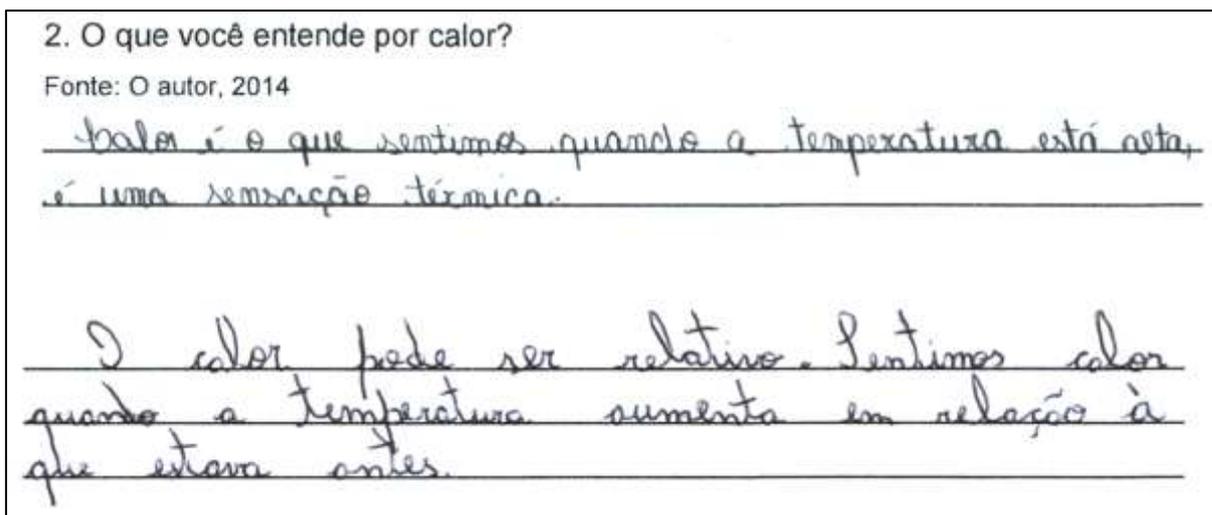


Fonte: O autor, 2015

É possível observar nas respostas dadas por estes estudantes que a questão de agitação molecular está presente porque utilizam o termo movimento de partículas. Relacionaram a Física com os conhecimentos já adquiridos de Química. Também salientaram a existência de escalas termométricas, o que demonstra indícios de conhecimentos prévios sobre o tema em estudo, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa. Isso vem ao encontro da definição apresentada por Tipler e Mosca (2013). Os autores definem que a temperatura absoluta é a medida da energia cinética média de translação de uma molécula, ou seja, uma interpretação molecular da temperatura.

A questão 2 do instrumento de coleta de dados inicial (questionário semiestruturado), por sua vez, tratava do conceito de calor. Nesta questão 28 estudantes confundiram e citaram o conceito de sensação térmica para explicar o calor. Observa-se na Figura 20 a resposta dada pelos estudantes E⁸ e E²⁰.

Figura 20 – Respostas dadas à questão 2 pelos estudantes E⁸ e E²⁰



Fonte: O autor, 2015

Conforme Gaspar (2005, p. 352-353):

A energia que se transfere de um corpo para outro por causa apenas da diferença de temperatura entre eles é chamada de **calor** ou **energia térmica**. A definição de calor deixa claro que não estamos tratando de uma nova grandeza – calor é energia. Essa identidade entre calor e energia não foi uma conclusão óbvia, mas resultado de um processo historicamente demorado [].

É importante destacar que o autor supracitado desenvolve pesquisas ativamente na área de experimentação no ensino sendo uma referência nacional nesta área. Por este motivo é utilizado em algumas referências seus livros de Ensino Médio, pois tem amparo científico em publicações de revistas e congressos.

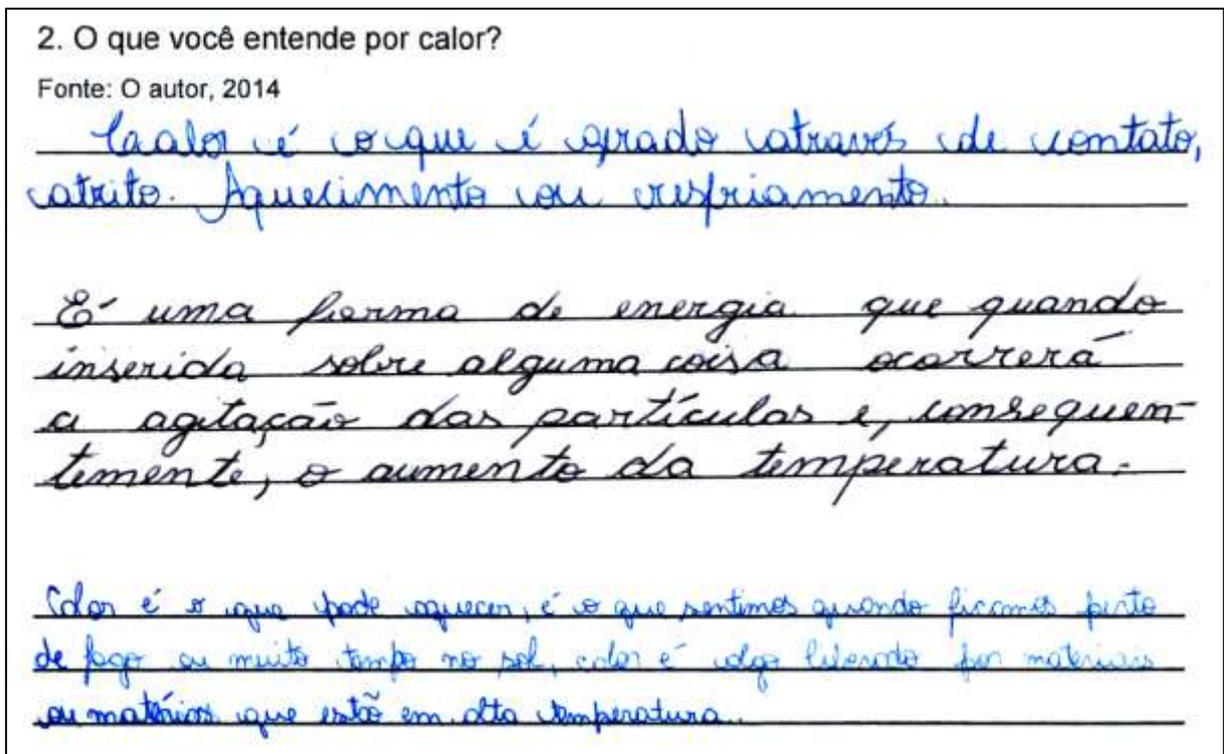
Na escrita de alguns estudantes, como E⁸ e E²⁰, pode-se observar que a ideia de energia em trânsito não está constituída, ao comparar com as escritas dos estudantes E¹⁷, E¹⁸ e E²⁸, respectivamente. Estes estudantes relacionam o conceito de calor com uma forma de energia, como o aquecimento provocado pelo Sol (já traz a ideia de radiação térmica que é uma das formas de propagação da energia térmica) e calor gerado através de atrito (que são formas de transformação de

energia, já estudadas neste ano pelos alunos). Porém, ainda não apresentam a ideia de processo de transferência de energia. Conforme Moreira (2006, p. 23):

A este conhecimento, especificamente relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel chamava de *subsunçor* ou *idéia-âncora*. Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles.

A Figura 21 apresenta as respostas dadas por estes estudantes.

Figura 21 – Respostas dadas à questão 2 - E¹⁷, E¹⁸ e E²⁸ respectivamente



Fonte: O autor, 2015

Os autores Halliday e Resnick (2010, p. 184) destacam como os conceitos de calor temperatura são compreendidos popularmente de forma equivocada:

No uso popular, a palavra “calor” é frequentemente usada onde deveria estar “temperatura”. Por exemplo, quando dizemos: “Está um dia quente!” estamos na verdade nos referindo à temperatura e não ao calor. Não confunda esses dois conceitos totalmente diferentes.

Analisando as respostas obtidas na questão 3 começaram a aparecer termos que podem ser indícios de ideias que têm potencial de estar cientificamente aceitas em algum momento, após o trabalho com o material potencialmente significativo. Os termos usados foram “roubar calor” e “energia transferida do mais quente para o mais frio” o que pode demonstrar ideias de transferência de energia térmica. Os subsunçores, de acordo com Ausubel (2003), são um dos requisitos para que ocorra a aprendizagem significativa. A Figura 22 destaca as respostas de alguns estudantes (E^8 , E^{25} e E^{33}).

Figura 22 – Respostas dadas à questão 3 - E^8 , E^{25} e E^{33} , respectivamente

3. Como você pode explicar o fato de uma bolsa de água quente esquentar o pé, por exemplo?

Fonte: O autor, 2014

O calor emitido pela água entra em contato com a bolsa térmica, esquentando-a. Por sua vez, a bolsa transmite esse calor ao pé quando encostam-se.

Isso ocorre porque quando dois objetos de temperaturas diferentes entram em contato eles tendem a balancear suas temperaturas até que se tornem iguais. É isso se dá devido a agitação das átomos que trocam energia até suas agitações se igualarem.

Por que quando dois objetos de temperaturas diferentes entram em contato, o quente acaba liberando calor e o frio absorve, até entrarem em equilíbrio térmico.

Fonte: O autor, 2015

Estas respostas podem evidenciar relações com conteúdos como transformação de uma forma de energia em outra (cinética em térmica, quando há atrito por exemplo – conteúdos já abordados neste ano letivo com os estudantes). É importante destacar que estes estudantes não haviam estudado Termodinâmica. Moreira (2006, p. 25) estabelece estas ligações:

Por exemplo, para um aluno que já conhece a Lei da Conservação da Energia aplicada à energia mecânica, resolver problemas onde há transformação de energia potencial em cinética e vice-versa apenas corrobora o conhecimento prévio dando-lhe mais estabilidade cognitiva e talvez maior clareza. Mas se a Primeira Lei da Termodinâmica lhe for apresentada (não importa se em uma aula, em um livro ou em um moderno aplicativo) como a Lei da Conservação da Energia aplicada a fenômenos térmicos ele ou ela dará significado a essa nova lei na medida em que “acionar” o subsunçor Conservação da Energia, mas este ficará mais rico, mais elaborado, terá novos significados pois a Conservação da Energia aplicar-se-á não só ao campo conceitual da Mecânica mas também ao da Termodinâmica.

As charges apresentadas na questão 4 foram mais facilmente explicadas por tratarem de situações vivenciais destes estudantes. Muitos deles fazem parte do grupo de escoteiros e realizam acampamentos com frequência, onde uma das atividades está relacionada à alimentação, portanto muitos já manusearam espetos para churrasco. Foi uma das questões com maior percentual (71,43%) de respostas convergentes, nas duas imagens apresentadas.

Pelas respostas apresentadas por estes estudantes percebe-se que convergem para as definições formais da comunidade científica, talvez não com os conceitos científicos, mas que explicitam a mesma ideia. Esta resposta pode servir para esse questionamento, mais simples, mas quando posto a prova de situações mais complexas ele não se sustenta. Tipler e Mosca (2013, p. 679- 685) destacam:

Se mantermos uma extremidade do bastão a uma temperatura elevada e a outra extremidade a uma temperatura baixa, a energia será conduzida através do bastão da extremidade quente para a extremidade fria. [] Todos os objetos emitem e absorvem radiação eletromagnética. [] Quando a radiação eletromagnética atinge um objeto opaco, parte da radiação é refletida e parte é absorvida. Objetos colorido refletem a maior parte da radiação, enquanto objetos escuros absorvem a maior parte dela.

A Figura 23 destaca as respostas dadas pelos estudantes E⁴, E¹⁹, E²⁴ e E²⁸.

Figura 23 – Respostas da questão 4 - E¹⁹, E⁴, E²⁴ e E²⁸, respectivamente

4. Explique os fenômenos que estão ocorrendo em cada situação.

a) 

b) 

Fonte: MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de Física, volume 2. 5ª ed, São Paulo: Scipione, 2000.

a) Como o homem está de camisa preta, a mesma absorve todo o calor do sol.

b) O espeto é de alumínio que é um ótimo condutor de calor, então ele aquece por virtude.

a- roupas escuras "atraem" o calor para o corpo com mais intensidade que as claras

b- O aço é um material que gera muito calor e aquece facilmente, mantine uma maneira de impedir a condutividade de calor no cabo inteiro

a) É de conhecimento geral que a cor preta absorve melhor a radiação solar, aquecendo mais rapidamente, já a branca a reflete.

b) O metal absorve a energia do fogo e a transmite ao cabo, que se aquece e queima a mão do personagem.

a) A pessoa vestindo a camiseta preta absorve mais as luzes, por isso sente mais calor do que o que veste branco, já que o branco reflete. b) O metal sendo um ótimo condutor espalha a temperatura por toda sua superfície, gerando queimadura.

Fonte: O autor, 2015

Na questão 5 houve uma grande incidência de respostas divergentes (85,72%). Foi possível observar que durante a elaboração da resposta muitos estudantes usaram a mesa como referência (a parte superior e os pés da mesa). Efetivamente o fenômeno a ser analisado é semelhante ao de encostar na maçaneta

da porta e na própria porta. Porém, as temperaturas das duas superfícies são as mesmas, o que nos explica a sensação de mais gelado e mais quente é o fato da condutibilidade térmica do metal ser maior do que da madeira. Conforme Halliday, Resnick e Walker (2010, p. 169):

Nosso “sentido de temperatura”, no entanto, nem sempre é confiável. Num dia muito frio de inverno, por exemplo, um trilho de ferro parece muito mais frio quando o tocamos, que um poste de madeira, embora estejam ambos à mesma temperatura. A diferença nas sensações é causada pelo fato do ferro conduzir melhor o calor do que a madeira e, assim, o calor dos nossos dedos se escoar de maneira muito mais fácil pelo ferro.

Pode-se observar que o conceito de calor não é convergente de um modo geral. Autores de livros didáticos como Halliday e Resnick (2010) utilizam o termo “calor” como algo em trânsito e não processo. Reforça-se aqui o posicionamento da autora desta pesquisa em relação ao trabalho e discussões feitas por Silva, Laburú e Nardi (2008) já mencionado anteriormente. Conforme os autores mencionados, o melhor seria usar a palavra calor apenas em referência a um método de transferência de energia e, quando essa transferência se completasse, referir-se à quantidade total de energia transmitida.

A resposta de aproximadamente 70% dos estudantes não levou em consideração o fato de ambos estarem no mesmo ambiente, logo, em equilíbrio térmico. Estes estudantes acabaram respondendo “sim”, justificando que a afirmação da questão era verdadeira. Um dos estudantes confundiu com coeficiente de dilatação linear (conteúdo anterior às formas de transferência de energia térmica). Outros estudantes, por sua vez, justificaram com o argumento de que o metal “rouba o calor” da mão mais rapidamente, sinalizando o conhecimento prévio da ordem do fluxo de energia térmica: do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. A Figura 24 destaca as respostas dadas por alguns estudantes (E⁴ e E²⁹).

Figura 24 – Respostas da questão 5 - estudantes E⁴ e E²⁹, respectivamente

5. Uma mesa de madeira e uma de metal são colocadas em uma mesma sala fechada, com temperatura constante. Depois de alguns dias, um estudante entra na sala e coloca uma das mãos na mesa de madeira e a outra na de metal. O estudante, afirma, então, que a mesa de metal está mais fria do que a mesa de madeira. Esta afirmação pode ser considerada correta? Justifique sua resposta.

Fonte: Vestibular Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2000 – adaptada

Não, ambas estão na mesma temperatura porém o metal em contato com a mão do estudante dissipa o calor do corpo humano mais rapidamente sobre toda sua superfície metálica enquanto a madeira não dissipa este calor da mesma maneira.

Não, o metal absorve o calor mais rápido, já a madeira é um melhor isolante, causando a ilusão de "frio".

Fonte: O autor, 2015

Nas respostas descritas anteriormente pode-se observar alguns conceitos como condutor e isolante térmico. Cabe destacar que posteriormente ao momento de responder o questionário, um estudante relacionou o condutor e o isolante com as hastes de borracha de um alicate e as ferramentas que não possuem cabos revestidos, justificando que podem “defender” ou não de um choque. Conforme a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel esse conhecimento prévio, subsunçor, é fator determinante para ocorrer a aprendizagem significativa. Moreira (2006, p. 27) destaca:

O subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais ou menos elaborado em termos de significados. Contudo, como o processo é interativo, quando serve de idéia-âncora para um novo conhecimento ele próprio se modifica adquirindo novos significados, corroborando significados já existentes.

Em contrapartida, a Figura 25 apresenta a resposta divergente apresentada por um estudante. Observa-se, a partir desta resposta, que o estudante não

diferencia a condutividade térmica das substâncias, fator importante na transferência de energia térmica.

Figura 25 – Resposta da questão 4 apresentada pelo estudante E²².

5. Uma mesa de madeira e uma de metal são colocadas em uma mesma sala fechada, com temperatura constante. Depois de alguns dias, um estudante entra na sala e coloca uma das mãos na mesa de madeira e a outra na de metal. O estudante, afirma, então, que a mesa de metal está mais fria do que a mesa de madeira. Esta afirmação pode ser considerada correta? Justifique sua resposta.

Fonte: Vestibular Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2000 – adaptada

Sim, porque o metal é mais gelado.

Fonte: O autor, 2015

Finalmente, na questão número 6, que fazia referência a menor porção de massa que existe e da diferenciação entre sólido, líquido e gás, pode-se observar que os alunos mostraram ter os conhecimentos prévios para a aprendizagem dos conceitos de propagação de energia térmica. Os estudantes (71,43%) sabem do que é formada a matéria, e a diferenciação entre sólido, líquido e gás em termos moleculares. Mais uma vez, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, precisa-se saber os conhecimentos prévios e ensinar a partir destes. Por este motivo, o professor/pesquisador apenas reforçou questões da estrutura molecular dos líquidos, sólidos e gases em sua intervenção posterior. Moreira (2006, p. 12, grifos do autor) ressalta:

[] é mais adequado pensar os subsunçores simplesmente como conhecimentos prévios especificamente relevantes para que os materiais de aprendizagem ou, enfim, os novos conhecimentos sejam potencialmente significativos. Nessa linha, subsunçores podem ser proposições, modelos mentais, construtos pessoais, concepções, idéias, invariantes operatórios, representações sociais e, é claro, conceitos, já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende, **subsunçores seriam, então, conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos.**

A Figura 26 apresenta algumas das respostas para a questão 6 apresentadas pelos estudantes, mostrando a existência de subsunçores importante para a compreensão dos fenômenos da Termodinâmica. Observa-se que o estudante E⁵

faz a representação dos sólidos, líquidos e gases através de um desenho de suas moléculas.

Figura 26 – Respostas da questão 6 - E⁵, E⁶ respectivamente

6. Sabendo-se que todos objetos possuem massa, qual a menor porção de massa que pode existir? Cite diferentes porções de massa. Do que é formada a matéria? O que diferencia um sólido (barra metálica), um gás (oxigênio) e um líquido (água) em termos microscópicos?

Fonte: O autor, 2015

Um átomo contém a menor porção de massa. Borracha=2g, Caneta=1g, Pessoa=57kg.

A matéria é formada por átomos.

Um sólido contém formas e massa irregulares. Um gás e um líquido não adquirem a forma do recipiente a que não submetidos, sendo a segunda medida em ml e a primeira muitas vezes insignificante a olho nu.

Um átomo possui a menor massa possível de se existir.

Uma cadeira de ferro, uma de madeira e uma de papel; ferro (mais pesado), madeira (nem pesado, nem leve) papel (mais leve), conforme suas composições.

Matéria é formada de átomos e moléculas.

Sólido = possui seus átomos mais agrupados (•••••)

Líquido = possui seus átomos não tanto agrupados (•••••)

Gásoso = átomos bem afastados (•••••)

A menor porção de massa seriam os componentes do átomo, como elétrons, prótons, nêutrons. A matéria é formada de átomos e moléculas. Um sólido possui suas moléculas ligadas mais fortemente do que os líquidos e estes que os gases, nos gases as partículas estão praticamente livres.

Fonte: O autor, 2015

Muitos estudantes não conseguiriam fazer esta relação. É importante também apresentar, que uma pequena parte dos estudantes não soube responder a questão 6 (aproximadamente 5%). Por este motivo, o pesquisador, após a aplicação do questionário semiestruturado retomou conceitos microscópicos da matéria. A Figura 27 apresenta o pensamento de um dos estudantes.

Figura 27 – Respostas da questão 6 apresentada pelo estudante E²⁶

6. Sabendo-se que todos objetos possuem massa, qual a menor porção de massa que pode existir? Cite diferentes porções de massa. Do que é formada a matéria? O que diferencia um sólido (barra metálica), um gás (oxigênio) e um líquido (água) em termos microscópicos?

Fonte: O autor, 2015

Essa acho que a menor porção de massa é a mínima, o átomo. A matéria é formada por partículas, átomos. O sólido tem partículas juntas, o gás tem pouca separada e o líquido bastante disperso.

Fonte: O autor, 2015

Ausubel salienta que na falta dos subsunçores necessários à aprendizagem, o professor deve trabalhar com os organizadores prévios. Moreira (2006, p. 29) define os organizadores prévios como:

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas **a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.**

Moreira (2001) também destaca que, existem dois tipos de organizadores prévios: o **organizador expositivo**, onde se estabelece a ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber, promovendo uma ancoragem ideacional para que o material seja potencialmente significativo, e, o **organizador comparativo**, recomendado quando o novo material é relativamente familiar, ajudando o aprendiz a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva, diferenciando de outros conhecimentos já existentes, evitando que sejam confundidos. Como alguns alunos não souberam responder ao último questionamento, o professor/pesquisador optou pelo organizador comparativo.

Após os alunos responderem o questionário semiestruturado ocorreram as aulas com atividades experimentais no Laboratório de Física da escola (Anexos D, E e F). Ao término de cada atividade experimental o professor/pesquisador fez a fundamentação teórica do assunto abordado em cada experimentação.

4.2 Análise das atividades experimentais

Os grupos serão nomeados por G^1 , G^2 e assim sucessivamente, pelo fato de estarem divididos em grupos, nas bancadas do Laboratório de Física da escola. A turma organizou-se em seis grupos, número de bancadas disponíveis para o trabalho no Laboratório. Foram cinco grupos com seis estudantes e um grupo com sete estudantes.

A atividade experimental sobre condução térmica (Anexo D) ocorreu no dia 12 de junho. O roteiro desta atividade, que foi desenvolvida em grupos encontra-se no Apêndice D. Nesta atividade todos os grupos perceberam que os pingos de cera que derreteram primeiro foram os que estavam no arame de cobre. A explicação apresentada pelo grupo G^1 (composto pelos estudantes E^{10} , E^{12} , E^{13} , E^{15} e E^{29}) foi “O cobre conduz calor com mais rapidez do que o ferro”.

Observou-se também que os grupos conseguiram relacionar o experimento com questões do seu cotidiano e também, com o questionário respondido individualmente no primeiro dia da intervenção. A Figura 28 apresenta as relações estabelecidas pelos grupos G^1 e G^3 (formado pelos estudantes E^2 , E^9 , E^{14} , E^{20} , E^{31} e E^{34}) buscando fenômenos do seu cotidiano.

Figura 28 – Resposta referente às aplicações no cotidiano sobre condução apresentadas pelos grupos G¹ e G³, respectivamente

Em quais situações práticas observamos a condução térmica?

No cozimento de alimentos, uma panela aquece inteira e não só a parte que toca o fogo. Espeto no churrasco.

Espetos de metal, chips de fritar quente, fogão a lenha.

Fonte: O autor, 2015

Observa-se na escrita do grupo G¹ que a ideia da energia térmica se propagar por condução está presente, o que altera a temperatura em toda a extensão do objeto. Isso é destacado por Gaspar (2005, p. 366):

O modelo que relaciona a temperatura com o movimento das partículas pode explicar a condução de calor na barra. À medida que recebem calor da chama, os átomos ou moléculas da estrutura cristalina do metal vibram com mais intensidade. Esse movimento vibratório passa de átomo para átomo, molécula para molécula, em interações sucessivas, por meio das quais a energia cinética de cada partícula é transferida para outra – essa transferência de energia cinética é a transmissão do calor.

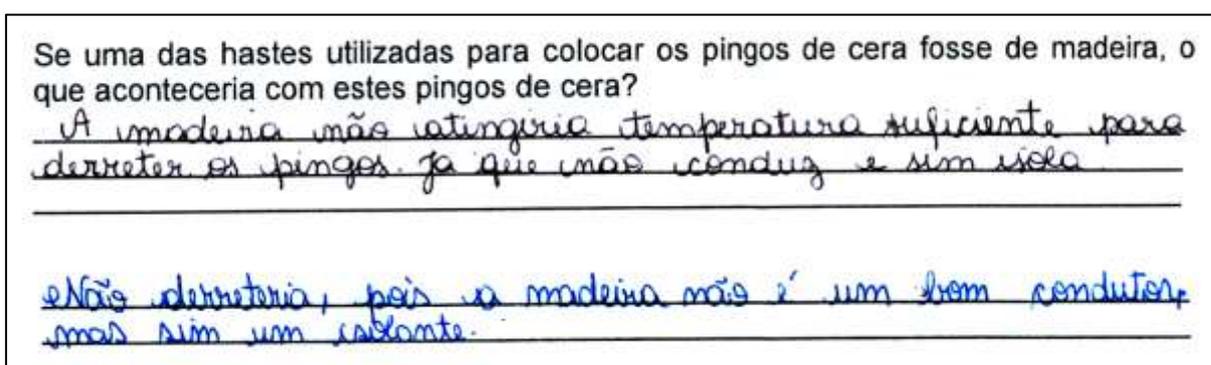
É interessante ressaltar que, nesta última resposta, observa-se a relação com o contexto histórico social, já que a região de Erechim foi colonizada por italianos, isso pode ser a explicação para a resposta mencionar um dos alimentos mais tradicionais dos imigrantes italianos. Ausubel (2003, p. 92) também destaca a importância de se analisar palavras disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, buscando facilitar o processo de aprendizagem:

[] se podem descobrir os atributos de critérios dos novos conceitos através da utilização, em novas combinações, de referentes existentes (palavras, bem como imagens), disponíveis na estrutura cognitiva da criança. Embora se devam utilizar auxiliares empíricos concretos para se facilitar a assimilação de conceitos nas crianças do ensino primário, também é possível, com crianças mais velhas, utilizar outros conceitos relevantes existentes nas estruturas cognitivas das mesmas, para se acelerar o processo de definição dos atributos de critérios dos novos conceitos.

Durante os questionamentos feitos referentes à atividade experimental e que constam no Anexo D, foi interessante o debate que aconteceu na penúltima questão

do roteiro: “o que aconteceria com os pingos de cera se uma das hastes fosse de madeira?” Alguns grupos, primeiramente, disseram que a madeira queimaria se a chama da lamparina ficasse muito próxima dela. Posteriormente, concluíram que os pingos não derreteriam, pois a madeira é um isolante térmico. A Figura 29 apresenta as respostas referentes a esta questão apresentadas pelos grupos G⁴ (composto pelos estudantes E¹, E⁴, E⁶, E¹¹, E¹⁶ E³³) G⁵ (formado pelos estudantes E⁷, E²² E²⁷, E³² e E³⁵).

Figura 29 – Respostas apresentadas pelos grupos G⁴ e G⁵ respectivamente



Fonte: O autor, 2015

Essa discussão aconteceu no grande grupo, sendo um momento importante para o compartilhamento de informações e hipóteses. Um dos grupos moveu a base de madeira que servia de sustentação até a lamparina, verificando que se fosse um pedaço de madeira com as características daquela, entraria em combustão. Pode-se inferir que, durante este procedimento, os estudantes realizaram a reconciliação integradora, estabelecendo semelhanças e diferenças. Para Rehfeldt (2009), a reconciliação integradora é mais eficiente se o aluno tiver a capacidade de reconciliar por si só seus próprios conceitos, de estabelecer as semelhanças e diferenças, de reunir novos significados.

Durante a realização desta atividade no Laboratório de Física alguns estudantes mencionaram, oralmente, que a atividade experimental os fez perceber que haviam respondido de maneira equivocada a algumas perguntas do questionário semiestruturado (1º dia da intervenção). Isso evidencia o que Ausubel (2003, p. 105) explica e exemplifica como assimilação:

Quando se apreende uma nova ideia *a*, através da relação e da interação com a ideia relevante *A* estabelecida na estrutura cognitiva, alteram-se ambas as ideias e assimila-se à ideia estabelecida *A*. Isto seria, geralmente, um caso de subsunção derivativa ou correlativa [...], quer a ideia ancorada *A*, quer a nova ideia *a*, se alteram de alguma forma na formação do produto interativo *A*"*a*". Por exemplo, se *A* for o conceito de pecado cristão existente na estrutura cognitiva de uma criança, *a* pode ser uma apresentação de conceitos budistas de pecado, alterando, assim, ligeiramente o conceito que a criança tem de pecado cristão (*A*"), além de produzir um novo significado idiossincrático para o pecado budista (*a*").

A segunda atividade experimental ocorreu no dia 17 de junho. Os estudantes dirigiram-se para o laboratório de Física da escola onde ocorreu a atividade experimental sobre convecção térmica (Anexo E). Esta atividade motivou os estudantes de tal modo que um dos grupos refez todo o experimento e se prontificou a filmar a movimentação da hélice para que o professor/pesquisador o mostrasse na sua apresentação. A pré-disposição e a motivação do sujeito para aprender são importantes no trabalho em sala de aula: é mais um aspecto que promove a aprendizagem.

Moran, Behrens e Masetto (2003) mencionam que alunos curiosos e motivados facilitam os processos de ensino e de aprendizagem, estimulam as melhores qualidades dos professores, tornam-se interlocutores lúcidos e parceiros de caminhada do professor-educador. Wurman (1991, p. 146) corrobora com esta ideia ao afirmar que a aprendizagem tem relação com o interesse. "O interesse permeia qualquer esforço e vem antes da aprendizagem".

Esta atividade experimental sobre convecção foi permeada por curiosidade e questionamentos. Realizando as observações durante a atividade experimental, o pesquisador destaca o fato de um dos grupos no procedimento 1, que consistia em aproximar as mãos da chama da vela, primeiro lateralmente e depois acima dela, mudar a posição da vela. Colocaram-na horizontalmente para ver se a mesma "sensação" continuava, como assim descreveram. Os grupos perceberam que as mãos lateralmente à chama da vela não queimam, mas acima pode ocorrer queimadura, concluindo que "tem ar quente subindo"^{E12}. Um dos fatores para o entendimento da convecção é a compreensão do aparecimento e sentido das correntes de convecção. Gaspar (2005, p. 366) destaca:

Esse processo de transmissão de calor ocorre apenas em fluidos, ou seja, o calor é transferido de uma região para a outra tendo como agente o próprio fluido. Para entender como ele se desenvolve, é preciso compreender o aparecimento e o sentido das correntes de convecção.

A Figura 30 destaca as respostas apresentadas pelos grupos G² (composto pelos estudantes E⁵, E¹¹, E²³ e E²⁴) e G⁶ (formado pelos estudantes E⁸, E¹⁹, E²¹, E²⁶ e E²⁸).

Figura 30 – Respostas da atividade experimental sobre convecção térmica

a) Um objeto com massa de 50 kg que esteja a uma certa altura do solo, quando abandonado, movimenta-se de que forma? Acontece o mesmo com uma porção de ar?

Acelerado e para baixo. Acontece o mesmo.

o objeto movimenta-se para baixo em direção ao solo e acontece o mesmo com o ar.

Fonte: O autor, 2015

É importante destacar que os grupos estabeleceram relação com o Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) e com a queda livre, estudados no 1º ano do Ensino Médio. Gaspar (2005, p. 70) explica este movimento:

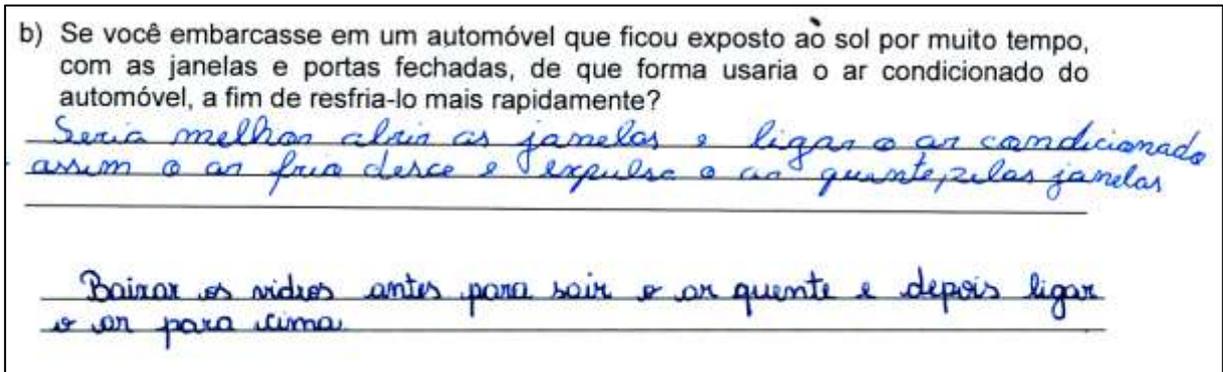
Quando um corpo é solto de determinada altura, adquire um movimento de queda em trajetória vertical em que sua velocidade aumenta uniformemente com o tempo. [] em outras palavras, nesse movimento conhecido como **queda livre**, todos os corpos têm trajetória retilínea, vertical e a mesma aceleração: a aceleração da gravidade.

Durante a execução da atividade que envolvia a hélice e a vela acesa e após apagada, um dos grupos, G³, mencionou em voz alta que “o ar condicionado então, se tem o objetivo de resfriar o ambiente, como na praia, deve estar instalado no alto da parede e não na parte de baixo”. Gaspar (2005, p. 367) apresenta a explicação para este fato:

[] um condicionador de ar destinado a resfriar o ambiente deve ser colocado em um canto superior. Em princípio porque estes aparelhos têm ventiladores que interferem na formação e sentido das correntes de convecção. Aliás, a presença de ventiladores e a existência de janelas – até a forma como elas se abrem – influem na formação dessas correntes, o que pode tornar bem mais difícil o estudo desse fenômeno.

Quando questionados sobre a forma mais rápida e eficaz para resfriar o interior de um automóvel que ficou exposto ao Sol com os vidros fechados dois dos grupos justificaram como consta na Figura 31.

Figura 31 – Respostas apresentadas pelos grupos G² e G⁶ respectivamente



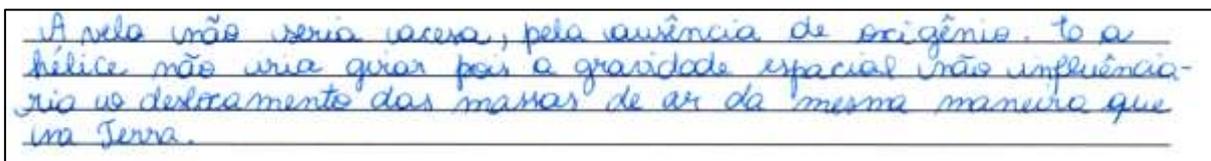
Fonte: O autor, 2015

Cabe ressaltar que, neste questionamento, apenas um dos grupos disse que o mais eficaz seria ligar o ar frio com as palhetas do ar direcionadas para baixo. Também é importante a pergunta feita por um grupo “essas correntes de ar que se formam, elas vão no sentido horário ou anti-horário?” (E²³). Neste momento, o professor/pesquisador destacou que alguns detalhes destes processos de propagação de transferência de energia térmica são melhor visualizados com o uso de simulações computacionais e, que as mesmas, serão trabalhadas com os estudantes. Portanto, a resposta não foi dada ao grupo, mas levantou-se um questionamento que as simulações podem ajudar a responder.

Zacharias e Anderson (2003) corroboram com esta observação destacando que o uso de simulações integradas com experimentos reais propicia aos alunos maior habilidade para fazerem previsões e darem explicações cientificamente aceitas sobre os fenômenos físicos presentes nos experimentos. Ronen e Eliahu (2000) também destacam que as simulações computacionais são consideradas como uma ferramenta capaz de estabelecer uma ponte entre modelos teóricos, representações formais e realidade. Estas referências destacam a importância de trabalho integrado entre atividades experimentais e simulações computacionais, que é o enfoque desta pesquisa.

Posteriormente, na questão referente ao experimento ser realizado no espaço¹¹, as respostas dadas pelos grupos indicaram que os mesmos sabem que o vácuo é a ausência de matéria. Uma das justificativas que mais se repetiu foi o fato de não ser possível acender a vela ou a lamparina no espaço, em virtude da ausência de oxigênio. Os grupos também justificaram que a movimentação da hélice não seria possível devido ao fato de não existir ar para movimentá-la. A Figura 32 ilustra uma das respostas.

Figura 32 – Resposta referente ao experimento ser realizado no espaço



A vela não seria acesa, pela ausência de oxigênio. Se a hélice não iria girar pois a gravidade espacial não influenciaria o deslocamento das massas de ar da mesma maneira que na Terra.

Fonte: O autor, 2015

É importante salientar que o professor deve preocupar-se, além da organização dos conteúdos, em promover a diferenciação progressiva, facilitando o estabelecimento de relações de semelhanças e diferenças entre conceitos ou proposições, estabelecendo a reconciliação integradora. Ausubel (2003, p. 6) explica a importância da relação entre as ideias em diferentes conteúdos e contextos:

A reconciliação integradora tem a tarefa facilitada no ensino expositivo, se o professor ou os materiais de instrução anteciparem e contra-atacarem, explicitamente, as semelhanças e diferenças confusas entre novas ideias e ideias relevantes existentes e já estabelecidas nas estruturas cognitivas dos aprendizes.

Foi neste momento, também, que os estudantes puderam retomar conceitos referentes ao gás que permite a existência do fogo. Conforme Gonzatti (2013, p. 29):

Esta é a famosa experiência apresentada em muitos livros didáticos antigos. Consiste em colocar uma vela acesa em um recipiente com água, que pode ser um pires. Se cobrirmos a vela com um copo emborcado, o que ocorrerá? Como se explica o que é observado?

[] A vela apaga, pois o ar atmosférico existente no copo, contém o gás oxigênio, que é o responsável pela combustão. Com o copo colocado sobre a vela, rapidamente o oxigênio disponível será consumido, não havendo mais possibilidade de haver fogo.

O estudante E⁷ mencionou verbalmente a atividade que o professor da disciplina de Ciências, da 4^a série do Ensino Fundamental, realizou com a turma:

¹¹ O conceito de espaço é apresentado pelo pesquisador como ausência de matéria.

“Vocês lembram da experiência da vela acesa? Quando cobrimos a vela com o copo, em pouco tempo a chama apagou. O oxigênio é o gás que alimenta o fogo!” Neste instante o professor/pesquisador ficou surpreso pelo fato de ter sido ele que realizou esta atividade simples com os estudantes, 6 anos atrás.

A última atividade experimental foi realizada no dia 19 de junho, e abordava a radiação térmica (Anexo F). Na atividade inicial, onde os estudantes deveriam aproximar as mãos da lâmpada ligada (no material desta atividade consta uma lâmpada de farol de carro), todos os grupos verificaram que, em qualquer direção, a sensação era a mesma. Um dos estudantes (E^{10}) mencionou em voz alta “Diferente da vela profe! Na vela, a sensação de queimar era só na parte de cima, nas laterais era mais ameno!”. O grupo G^2 explicou este fenômeno relacionando com a radiação solar.

Na segunda atividade experimental a curiosidade e admiração ficaram evidentes, pelo fato dos estudantes pela primeira vez poderem manusear uma fonte conversora. Ficaram encantados com o fato de poderem utilizar este equipamento que foi cedido pela Universidade da cidade de Erechim para a execução dos experimentos. Moreira (2006) destaca que um fator também importante para promover a aprendizagem é a pré-disposição do sujeito para aprender. Gagné (1974) também cita que o aluno antes de mais nada precisa estar motivado, a fim de realizar algo, para ingressar numa situação de aprendizagem.

Muitos indagaram inicialmente o que representavam os números indicados no visor e para que serviam. Cabe destacar que o conteúdo de eletricidade e os conceitos de voltagem, amperagem, corrente elétrica são abordados no 3º ano do Ensino Médio. Nesse momento, no entanto, o professor/pesquisador teve que explicar que o número regulado na voltagem não pode exceder para não queimar a lâmpada, bem como, a necessidade de se usar uma fonte conversora, já que o farol do carro funciona em 12V (corrente contínua) e a rede elétrica da sala em 220V (corrente alternada).

Para a execução desta atividade a temperatura foi monitorada de 3 em 3 minutos. Um dos grupos solicitou autorização para fazer um vídeo em câmera lenta para verificar, na filmagem, o deslocamento da coluna de mercúrio em cada um dos

termômetros. Todos os grupos perceberam que o termômetro que estava na cápsula escura (preto) atingiu temperaturas mais elevadas, enquanto o que estava na branca atingiu temperaturas inferiores. Na conclusão 3 grupos justificaram o fato da cor escura esquentar mais, associando à absorção de energia térmica. A Figura 33 apresenta a justificativa dada pelo grupo G².

Figura 33 – Respostas do grupo G² para o aquecimento dos termômetros

d) Escreva o que você concluiu com a experiência.

O preto esquenta mais que o branco, pois absorve radiação enquanto o branco reflete.

Fonte: O autor, 2015

Os demais grupos apenas escreveram que o preto esquenta mais, o que efetivamente aconteceu na atividade experimental. É importante destacar que no resfriamento, após desligarem a lâmpada, os grupos responderam que o preto demorou mais para esfriar. Não perceberam que a proporção de resfriamento foi maior no termômetro que tinha a cápsula escura. Apenas um dos grupos respondeu que a oscilação de temperatura, nos tempos cronometrados, foi maior no termômetro preto. Os estudantes deste grupo justificaram observando a variação de temperatura nos primeiros 3 minutos de resfriamento. A Figura 34 apresenta a resposta desse grupo.

Figura 34 – Respostas apresentadas pelo grupo G² respectivamente

e) Desligue a luz e, nos mesmos intervalos de tempo anteriores, observe a temperatura e anote na tabela a seguir.

TEMPO	3 minutos	6 minutos	9 minutos
TEMPERATURA (termômetro preto)	45	30	26
TEMPERATURA (termômetro branco)	38	30	26

f) Escreva a sua conclusão final e cite exemplos de radiação no dia a dia.

A cor preta tem uma maior variação de temperatura do que a branca, pois o preto tem maior absorção de calor/radiação e perda também.

Exemplos: celular, microondas

Fonte: O autor, 2015

Essas inferências vêm ao encontro com a definição de Tipler e Mosca (2013, p. 685):

Todos os objetos emitem e absorvem radiação eletromagnética. Quando um objeto está em equilíbrio térmico com sua vizinhança, ele emite e absorve radiação na mesma taxa. A taxa na qual um objeto irradia energia é proporcional à área de sua superfície e à quarta potência de sua temperatura absoluta.

Após a entrega das respostas de cada grupo, o professor/pesquisador fez as orientações referentes às respostas verbais dos alunos, destacando fatores importantes no processo de radiação térmica, como o fato de ser o único modo de propagação que ocorre no vácuo, o que explica o aquecimento do nosso planeta pelos raios solares, bem como, destacou que ela não é só um processo de transferência de energia térmica, é também onda eletromagnética.

4.3 Análise das Simulações Computacionais

No dia 24 de junho, na própria sala de aula, os estudantes reuniram-se em duplas/trios e trabalharam com as simulações em seus próprios *notebooks*. O trabalho com as simulações computacionais transcorreu normalmente, pela facilidade dos estudantes em trabalhar com as tecnologias. Conforme Heidmann (2011, p. 16-17) a integração entre AE (atividade experimental) e AC (atividade computacional) é importante:

[] realizando AC, os alunos interagem com um modelo computacional obtido através da implementação em máquina de um modelo teórico; realizando AE os alunos interagem com objetos concretos organizados de modo a reproduzir fenômenos ou comportamentos que se queira estudar. Nessa perspectiva, um uso integrado de ambos os tipos de atividades pode ser utilizado com o intuito de evidenciar as importantes diferenças obtidas entre teoria e Experiência; a análise dos erros experimentais e das diferenças obtidas entre os experimentos reais e virtuais tem o potencial de destacar que os modelos teóricos não são cópias especulares da realidade, mas sim representações esquemáticas, com o objetivo de tentar apreender o real, ou suposto como tal, pelo pensamento.

Na primeira simulação sobre condução térmica (Anexo G) os estudantes já associaram com a atividade experimental. O estudante E¹² mencionou que se pudessemos ter o recurso de cores na atividade experimental com os arames de ferro e de cobre, teríamos a visualização das cores mudando mais rápido no fio de cobre, pois este conduziu melhor e de forma mais rápida a energia térmica. As respostas apresentadas aos questionamentos feitos após cada simulação são indícios de que os alunos podem ter começado a construir significativamente os conceitos referentes ao conhecimento desta área da Física.

No trabalho com as simulações os estudantes trabalharam em duplas. Para a análise das respostas os grupos serão identificados por S¹, S² e assim sucessivamente. A Figura 35 apresenta a resposta de um dos grupos para o primeiro questionamento realizado.

Figura 35 – Resposta para a as questões a e b dadas pelos grupos S¹ e S³

<p>a) Considere a colher de metal. Existe diferença de temperatura nas suas extremidades? Explique.</p> <p><i>No início sim, mas conforme rodamos o programa a colher esquenta, a tendência é igualar a temperatura em toda colher.</i></p>
<p>b) Compare a colher de metal com a de madeira. Observa-se que ao longo das colheres a variação da temperatura é diferente. Qual das colheres tem maior parte de sua extensão com temperaturas mais altas? Explique.</p> <p><i>A colher de metal, pois o metal é condutor e a madeira é isolante.</i></p>

Fonte: O autor, 2015

O grupo S¹ é formado pelos estudantes E³, E²³ e E²⁴. O grupo S³ é formado pelos estudantes E²² e E³⁵.

Pode-se observar que a ideia de condução térmica já está presente nas respostas, bem como as noções de condutores e isolantes, reforçando o que já havia sido perguntado na atividade experimental. À luz da teoria de Ausubel (2003) em algumas falas dos estudantes parece haver indícios de diferenciação progressiva, pelo fato da explicação partir de uma ideia mais geral, introduzindo, progressivamente, detalhes mais específicos. Alguns grupos não mencionaram em

sua justificativa o termo isolante térmico, apenas frisaram que um é melhor condutor do que o outro. A Figura 36 ilustra as respostas apresentadas para as questões da simulação c, d, e, respectivamente pelos grupos S⁷ (estudantes E⁴, E⁶ e E³³), S¹¹ (estudantes E⁸, E¹⁶ e E²⁸) e S⁹ (estudantes E⁹, E²⁰ e E³⁴).

Figura 36 – Respostas para as questões c, d, e, respectivamente

c) Por que a condução no metal atinge temperaturas mais elevadas quando à madeira? Sua estrutura molecular é diferente? Explique.

A estrutura de metal não possui a mesma propriedade da madeira, que é um isolante. Sem as estruturas moleculares não diferentes, a agitação das moléculas de metal é mais intensa.

d) Onde você observa situações similares no seu cotidiano?

Na chuleira, nos esponjas, nos chapinhos para cabelo, na chapa para alimento, chapa para fogueira de lenha.

e) Na atividade experimental onde usamos um arame de ferro e outro de cobre também foi possível observar a condutividade térmica, sendo esta maior no cobre. Explique por que o cobre é melhor condutor quando comparado com o ferro.

O cobre é melhor condutor que o ferro pois possui mais elétrons livres em sua última camada.

Fonte: O autor, 2015

Pode-se observar que a questão molecular esteve presente na explicação dada por estes grupos, bem como a ideia de elétrons livres na última camada. Isso demonstra que os estudantes associaram conteúdos da Física com outros da Química, estabelecendo uma rede de conexões. Os exemplos citados mostram bem o seu cotidiano (prancha alisadora de cabelos, chapa para fritar alimentos). Há novamente, indícios de diferenciação progressiva. Conforme Rehfeldt (2009, p. 44) a diferenciação progressiva pode ser alcançada utilizando organizadores em ordem descendente de inclusão:

Ausubel (2003) afirma que é possível alcançar a diferenciação progressiva utilizando uma série hierárquica de organizadores por ordem descendente de inclusão. Os organizadores iniciais fornecem ancoragem a um nível global antes de o aprendiz ser confrontado com qualquer novo material. Deste modo, fornece-se, inicialmente, um modelo generalizado de relações

de classes como subsunçor geral para todas as classes, subclasses e espécies novas antes de fornecer subsunçores limitados para subclasses ou espécies particulares que estes incluem.

Durante a execução desta simulação, é importante ressaltar, que alguns grupos alteraram a simulação, verificando o que aconteceria se mudássemos a espessura dos materiais. Ou seja, alguns estudantes foram além do solicitado pelo professor e, ao término de todas as atividades concluíram que a mudança de espessura no material da atividade experimental (AE) acarretaria compra de materiais de diferentes espessuras, construção de equipamentos e tempo para a observação. Dornelles (2010, p. 53) referencia o uso de atividades computacionais como mais recentes no ensino, quando comparado com as atividades experimentais em laboratório.

Em relação às atividades computacionais cabe inicialmente mencionar que se constituem em um recurso instrucional relativamente novo, pois o uso do computador em sala de aula passou a ser mais significativo a partir da década de noventa. Assim sendo, ainda não se tem uma tradição sobre sua aplicação em sala de aula, como ocorre com o ensino de laboratório.

É por este motivo que reforça-se a ideia de que as atividades computacionais apresentam-se como uma ferramenta para o professor em suas aulas, podendo contribuir com os processos de ensino e de aprendizagem. O seu uso, por si só, não será a salvação para os problemas que emergem nas aulas de Física. Dornelles (2010), em sua tese de doutorado, salienta os fatores positivos e negativos do uso de atividades computacionais, de acordo com diversos autores. Dentre estes pontos cabe destacar a obtenção de dados de forma rápida e dinâmica; o desenvolvimento de atitudes como curiosidade, interesse, objetividade, precisão, confiança, perseverança, consenso; elaboração e testes de hipóteses à medida que estes são elencados. O autor supracitado também destaca que em abordagens tradicionais as atividades de simulação frequentemente são usadas para demonstrar um produto final da Física, não explicitando a forma como o conhecimento científico é produzido, caracterizando uma forma de utilização dos recursos tecnológicos sem eficiência. Neste trabalho procurou-se desenvolver o oposto, uma boa utilização desses recursos.

Na segunda simulação (Anexo H) os estudantes, com o recurso de cores, puderam observar o deslocamento de porções de ar. No momento que iniciaram a

execução da simulação já expressaram em voz alta que era esse movimento que fez a hélice da atividade experimental entrar em movimento e, posteriormente, parar de girar. Como um dos grupos (S³) expressou verbalmente esta conclusão, os demais já se pronunciaram, concordando com a observação. Com o auxílio das cores ficou mais perceptível a movimentação do ar aquecido para cima e do ar de menor temperatura para baixo. Houve relação entre o experimento realizado no Laboratório com a simulação executada. Isso pode ser observado na Figura 37.

Figura 37 – Associação entre atividade experimental e simulação

a) Ao colocar uma chaleira de água em uma chama no fogão observa-se que ela aquece até alcançar 100°C e começar o processo de evaporação. Ao observar este processo, depois de algum tempo, nota-se a formação de bolhas que começam no fundo e nas extremidades da chaleira e que se dirigem à extremidade superior. Qual é a relação que você pode fazer deste processo com a simulação? Descreva.

Há na água duas correntes de convecção, na chaleira, ocorre no água; na simulação ocorre no ar. Se houvesse uma hélice dentro da chaleira, esse também se movimentaria.

A camada inferior da água aquece e sobe, fazendo com que a água fria que está na camada superior desça.

Fonte: O autor, 2015

As respostas anteriores foram apresentadas pelos grupos S⁹ (E⁹, E²⁰ e E³⁴) e S¹² (E¹⁰, E¹³ e E²⁹) respectivamente.

No questionamento seguinte, os estudantes perceberam a presença de mais do que um processo de transferência de energia térmica na água sendo aquecida numa chaleira. Perceberam a presença da condução e da convecção térmica, porém não citaram a radiação, que neste processo é menos evidente. A Figura 38 destaca a resposta dos grupos S⁷ e S² respectivamente.

Figura 38 – Verificação da existência de mais de um modo de propagação da energia térmica

b) No aquecimento da água em uma chaleira você percebe a presença de mais de um processo de transferência de calor? Explique.

Sim observa-se condução da chama para a chaleira, a chaleira aquece a água que se torna quente, ocorrendo o deslocamento de fluidos pois a água mais quente sobe pois é menos densa e a água menos aquecida desce pois é mais densa.

Sim, condução e convecção.

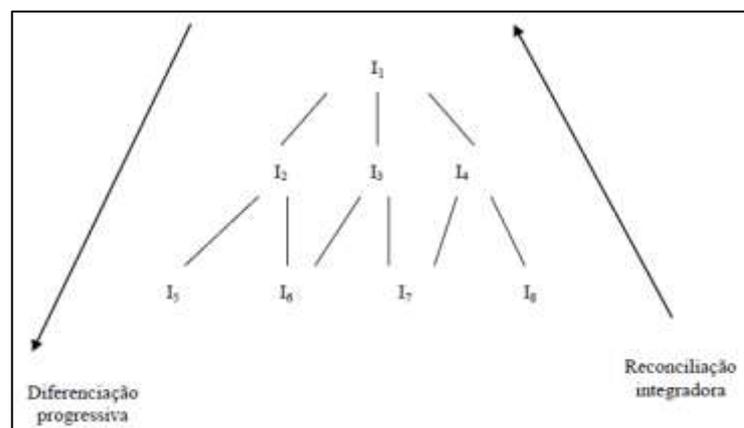
Condução → quando a base da chaleira aquece a água, transferindo calor.

Convecção → processo de fluxo de calor.

Fonte: O autor, 2015

Há novamente indícios de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Rehfeldt (2009) apresenta um esquema mostrando que a diferenciação progressiva parte das ideias mais gerais e inclusivas (I_1) apresentadas primeiramente e a reconciliação integradora tenta estabelecer semelhanças e diferenças entre os conceitos e proposições mais específicos (I_5, I_6, I_7, I_8) para reorganizá-los na estrutura cognitiva. Conforme a autora supracitada é importante compreender que os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora não são excludentes; mas correlatos e ocorrem concomitantemente. A Figura 39 apresenta o esquema elaborado por Rehfeldt (2009) com base na teoria de Ausubel (2003).

Figura 39 – Esquema da diferenciação progressiva e reconciliação integradora



Fonte: Rehfeldt (2009, p. 46)

Nas respostas dadas para as questões c e d, referentes à simulação sobre convecção térmica, observa-se que houve conexão com as informações e com os dados obtidos e analisados durante as atividades experimentais. A Figura 40 apresenta as respostas para as referidas questões apresentadas pelo grupo S¹², onde novamente questionou-se sobre a eficácia do experimento se realizado no espaço.

Figura 40 – Respostas do grupo S¹² para os questionamentos

c) No espaço, esse experimento da chaleira permaneceria o mesmo? Teria alterações? Quais?

Não, pois no vácuo só ocorre radiação

d) Quais relações você pode fazer com essa simulação e o experimento visto em aula? A convecção pode ocorrer para quais estados físicos da matéria? Por quê?

O mesmo ocorre com o experimento da hélice no ponto de arame. A convecção ocorre com fluidos gasos e líquidos. Porque suas partículas se movimentam, formando correntes de convecção.

Fonte: O autor, 2015

Cabe analisar que estas respostas podem representar apenas uma aprendizagem mecânica, onde a nova informação é armazenada de maneira arbitrária na estrutura cognitiva sem ligar-se a subsunçores específicos. Rehfeltd (2009, p. 33) destaca:

[] quando o aluno não possui os subsunçores específicos, o que ocorre quando ele transita numa área completamente nova, a aprendizagem por memorização pode auxiliar na aquisição de novos elementos que possam servir de subsunçores para a ancoragem de novas informações. Assim, a aprendizagem mecânica pode trazer elementos necessários para a ancoragem de novos conhecimentos que tornam a aprendizagem significativa.

Para Ausubel (2003), no ensino de física e de matemática, há vários exemplos como memorização de fórmulas, leis ou conceitos, mas isso não quer dizer que não haja algum tipo de associação ou aprendizado. Para Ausubel (2003)

aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não são uma dicotomia, e sim, um *continuum*.

Para finalizar as considerações sobre as simulações, faz-se a análise da terceira simulação (Anexo I) utilizada na intervenção pedagógica, do *PhET Interactive Simulations*. Nesta simulação os estudantes puderam observar a absorção de radiação pelos corpos escuros.

Carron e Guimarães (1997) destacam que a radiação térmica é o processo de transferência de energia térmica através de ondas eletromagnéticas. Enquanto a condução e a convecção somente ocorrem em meios materiais, a radiação ocorre tanto em meios materiais como no vácuo (ausência de matéria). Halliday e Resnick (2006, p. 194) destaca a diferença de absorção em roupas claras e escuras:

Quando você se expõe à luz solar, ela o esquenta porque sua pele e roupas absorvem a luz. Pesquisas têm demonstrado que um manto negro dos beduínos absorve muito mais luz solar que um manto branco, em média sua temperatura será 6°C maior que a do branco.

Na Figura 41 observam-se indícios da compreensão da ideia de absorção e reflexão da onda eletromagnética (que é a radiação). A resposta foi elaborada pelos estudantes do grupo S¹² (estudantes E¹⁰, E¹³ e E²⁹) e S⁷ (estudantes E⁴, E⁶ e E³³) respectivamente.

Figura 41 – Comparação entre uma placa clara e escura

a) Na atividade experimental você observou a variação de temperatura entre corpos claros e escuros. Se nesta simulação fosse utilizada a placa na cor branca, que alterações teríamos? Explique.

A água aqueceria mais devagar, pois cores escuras absorvem mais calor que cores claras, quando a placa é mais escura, a água esquenta mais quando a placa é mais escura.

A água demoraria muito mais tempo para aquecer, pois o preto absorve e o branco reflete.

Nas questões posteriores, os estudantes concluíram que todos os corpos que emitem energia térmica, emitem radiação. A Figura 42 apresenta as demais respostas às questões propostas, ilustrando a ligação com outras situações do cotidiano que apresentam radiação e as alterações feitas na simulação por um dos grupos. As duas respostas foram apresentadas pelo grupo S¹¹ (formado pelos estudantes E⁸, E¹⁶ e E²⁸).

Figura 42 – Respostas do grupo S¹¹ para o aquecimento dos termômetros

b) A radiação é uma onda eletromagnética emitida pelo Sol. Mesmo em dias nublados a radiação solar é emitida para a superfície terrestre, por isso a necessidade de filtro solar até nos dias nublados. Baseado nesse princípio, cite e ilustre outras situações do dia a dia em que a radiação está presente. Justifique.

celular, televisão, micro-ondas. Pois emitem calor, consequentemente a radiação.

c) Encontre nesta mesma simulação, situações em que estejam presentes as outras formas de propagação do calor estudadas (você pode alterar os objetos e as situações nessa simulação). Explique quais você alterou e justifique.

Fizemos a alteração por uma bicicleta, uma corrente e uma lâmpada elétrica, e a energia gerada na lâmpada, foi através dos pedálicos.

Utilizamos também uma chuleira, que aquece, gerou calor, o que movimentou a corrente, que consequentemente fez a lâmpada acender.

Fonte: O autor, 2015

Muitos grupos expressaram verbalmente a presença da energia cinética transformando-se em energia elétrica, referindo-se a conteúdos vistos anteriormente à intervenção pedagógica sobre as formas de transferência de energia térmica, viabilizadas para esta pesquisa. Outros estudantes mencionaram que as placas de aquecimento solar instaladas nas casas realmente são escuras e que agora entenderam o porquê. Há novamente, portanto, conforme a teoria de Ausubel (2003), indícios de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora.

Os grupos que terminaram de responder os questionamentos continuaram observando outros detalhes das simulações (outros exemplos disponíveis). Isso pode levar a conclusão de que as atividades propostas os motivaram e os mantiveram interessados.

4.4 Análise dos Mapas Conceituais

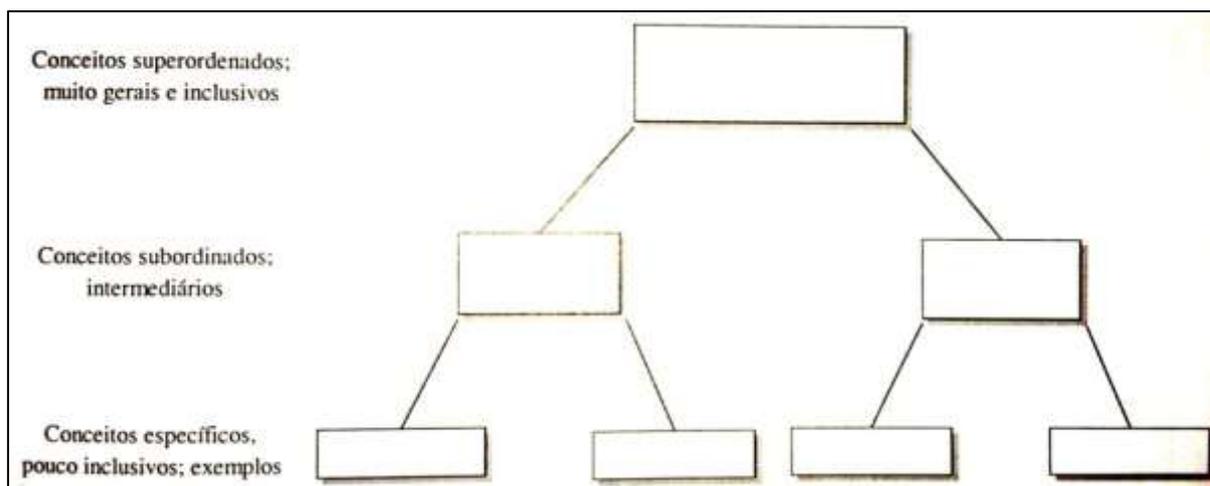
Buscando indícios de aprendizagem significativa, como última etapa, os estudantes elaboraram, em duplas, um mapa conceitual que abordasse o que foi estudado. Conforme Moreira (2005, p. 11):

Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso. Isso também os diferencia das redes semânticas que não necessariamente se organizam por níveis hierárquicos e não obrigatoriamente incluem apenas conceitos. Mapas conceituais também não devem ser confundidos com mapas mentais que são associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Não devem, igualmente, ser confundidos com quadros sinópticos que são diagramas classificatórios. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los.

Todos os mapas conceituais elaborados pelos estudantes serão apresentados. Objetivou-se interpretar os principais pontos em cada mapa, sobre a ótica da pesquisadora, de forma sintética, não cabendo uma análise profunda de cada mapa devido a extensão que teria esse capítulo.

Para compreender mapas conceituais, é oportuno apresentar em um mapa conceitual os conceitos centrais que devem estar presentes. A Figura 43 apresenta a estrutura de um mapa conceitual, elaborado por Dutra et al (2006).

Figura 44 – Modelo de estrutura de mapas conceituais



Fonte: MOREIRA (2006, p. 11)

Este modelo propõe uma hierarquia vertical, de cima para baixo, indicando relações de subordinação entre os conceitos. Conceitos que englobam outros conceitos aparecem no topo e, conceitos que são englobados por vários outros ficam na base. Cabe destacar que este modelo não é único e, conforme Moreira (2006) não existe regras fixas a serem observadas na construção de um mapa conceitual.

Os mapas conceituais podem ser utilizados como instrumento didático e como instrumento de avaliação, no sentido de obter informações sobre o tipo de estrutura o aluno vê para um dado conjunto de conceitos. Segundo Moreira (2006, p. 19):

Portanto, o uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação implica uma postura que, para muitos, difere da usual. Na avaliação através de mapas conceituais a principal ideia central é a de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra, conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina, etc.

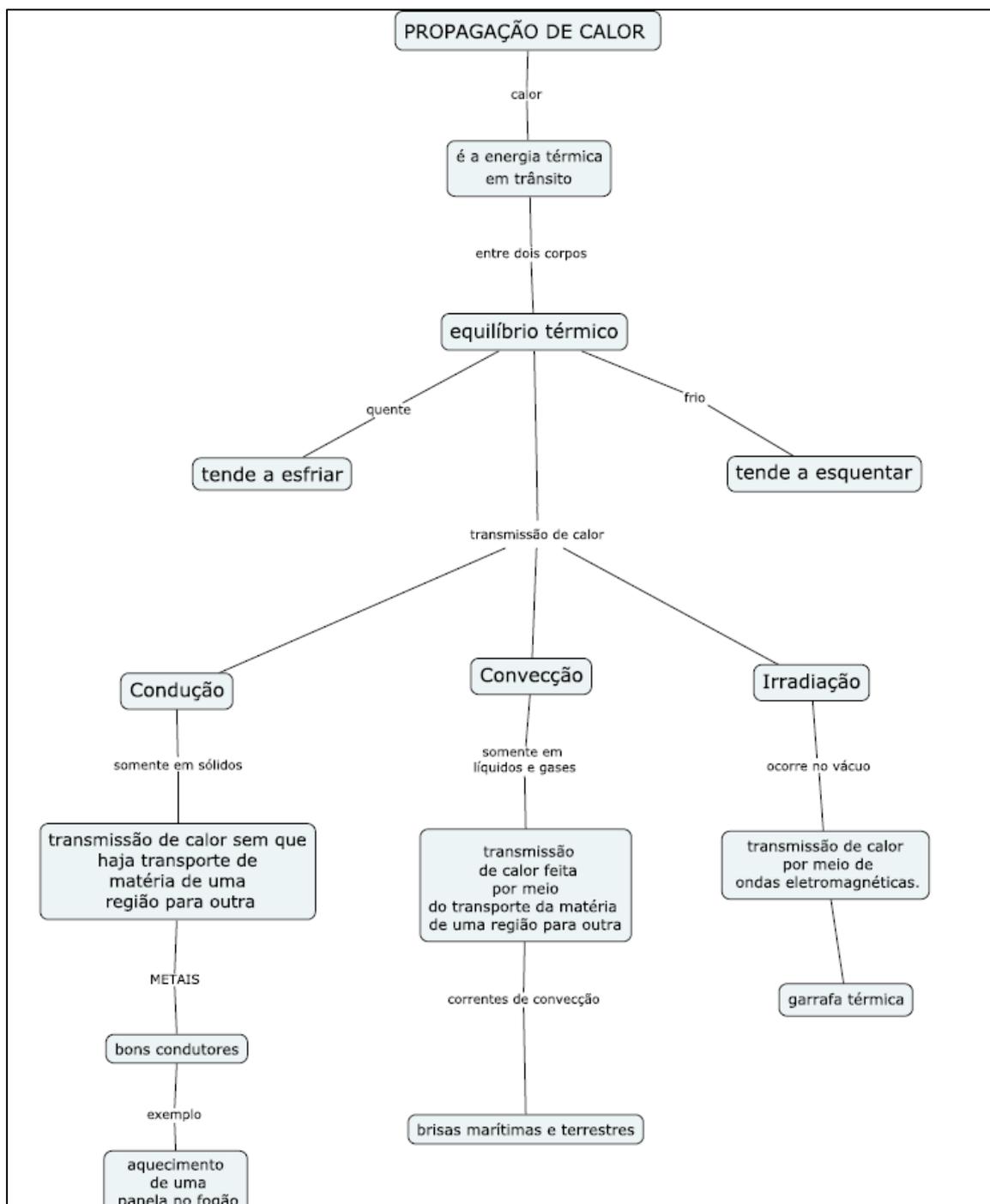
Desta forma, pensou-se o uso dos mapas conceituais e sua apresentação ao término da intervenção, buscando uma visualização de conceitos e relações hierárquicas entre os mesmos, uma maneira de exteriorizar o que o aluno já sabe, procurando indícios de aprendizagem significativa.

Para a construção dos mapas conceituais os estudantes não tiveram acesso a algum apoio teórico, como livros, apostilas, páginas da *web*. Deveriam construí-lo com o que efetivamente lembravam das aulas.

Os mapas construídos pelos estudantes foram analisados, buscando indícios de aprendizagem significativa. Treze dos dezoito mapas construídos apresentaram a estrutura vertical, como descrita anteriormente. Os outros cinco mapas elaborados pelos estudantes apresentaram a ideia de teia de aranha. Este tipo de mapa conceitual, segundo Tavares (2007), parte do tema gerador – propagação da energia térmica – e os demais conceitos aparecem à medida que se afastavam do centro. Neste tipo de mapa, não há preocupação com as relações hierárquicas ou transversais, diferentemente do que sugerem Moreira e Masini (1982).

Na sequência far-se-á a análise dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes. Para Moreira (2005), a aprendizagem significativa implica atribuição de significados idiossincráticos. Por este motivo, os mapas conceituais traçados devem refletir tais significados. Em outras palavras, quer dizer que não existe o mapa conceitual correto. Por mais simples que ele pareça ser, é possível de ser analisado e indicar relações importantes que o aluno possa ter estabelecido entre os conceitos trabalhados.

Para facilitar a análise dos mapas conceituais, os mesmos serão nomeados por M^1 , M^2 e assim sucessivamente. Foram analisados dezoito mapas conceituais. A Figura 45 apresenta o mapa conceitual elaborado pelo grupo M^1 (formado pelos estudantes E^7 e E^{27}).

Figura 45 – Mapa conceitual M¹ elaborado pelos estudantes

Fonte: O autor, 2015

Analisando este mapa conceitual observa-se a organização hierárquica de conceitos. Inicialmente, os estudantes definem calor como uma forma de energia, o que demonstra que diferenciaram calor e temperatura, uma das questões mais divergentes do questionário semiestruturado. Os estudantes descrevem o que acontece no momento em que os corpos atingem o equilíbrio térmico e, na

sequência detalham as formas de propagação da energia térmica, objeto de estudo desta pesquisa. Há um sentido lógico de encadeamento entre as ideias. Conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 37) ilustram:

[...] os dados sobre temperatura média mensal das zonas urbanas relacionam-se significativamente com o conceito de clima e esses dados relacionam-se significativamente com ideias sobre irradiação solar, posições orbitais da Terra, e assim por diante, num encadeamento geralmente coerente.

Em contrapartida, nos mapas M^2 (elaborado pelos estudantes E^{10} e E^{20}) e M^3 , observa-se também a organização hierárquica de ideias, porém estabelecem menos relações entre os conectores. Os estudantes preocuparam-se mais em exemplificar as formas de transferência de energia térmica. A Figura 46 ilustra outro mapa conceitual elaborado.

Figura 46 – Mapa conceitual M^2 elaborado pelos estudantes

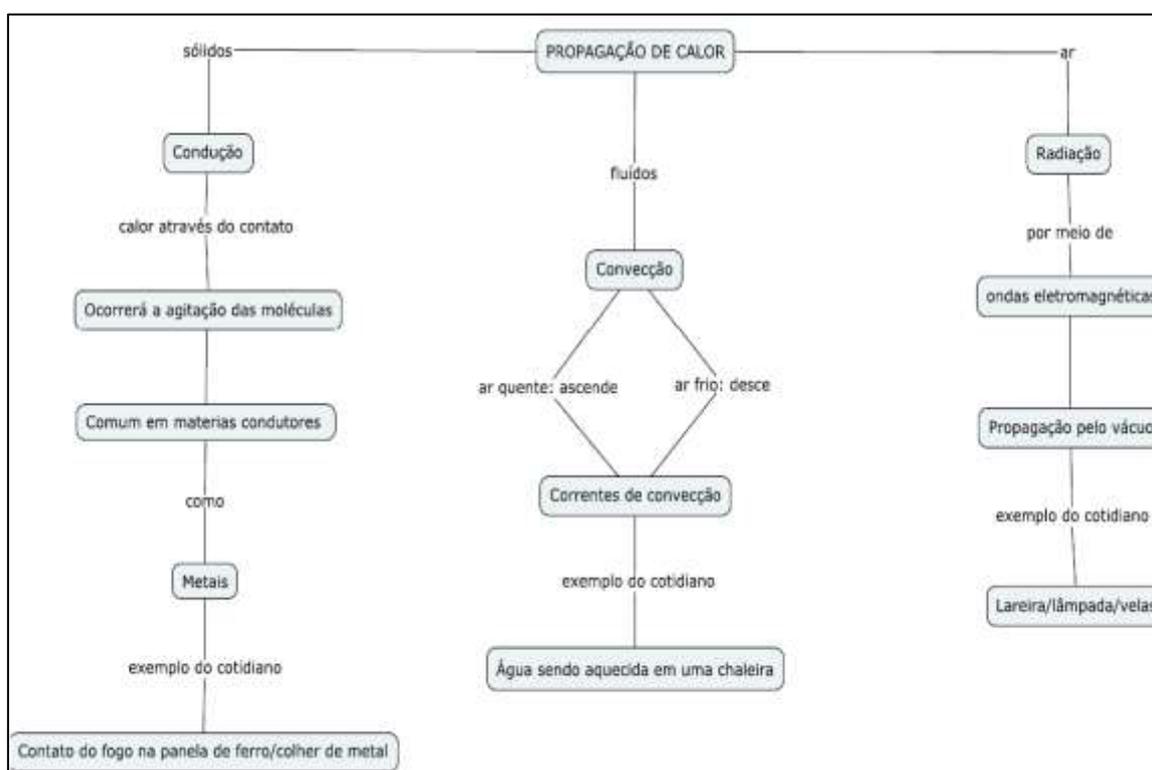


Fonte: O autor, 2015

Partindo das mesmas concepções, outros alunos construíram o mapa conceitual M^3 (elaborado pelos estudantes E^{11} e E^{17}) sem relacionar com conceitos importantes, como calor e temperatura. Também exemplificaram com situações do cotidiano, muitas delas abordadas nas próprias atividades experimentais e nas

simulações computacionais. A Figura 47 apresenta o mapa M³. Observa-se que as direções das correntes de convecção foram apresentadas com termos de ascender e descer, e o estudante não relacionou os três processos de propagação da energia térmica. Também é importante destacar a presença dos conectores (sólido, fluidos, ar) no topo da estrutura do mapa conceitual. É importante ressaltar que, durante a apresentação do mapa conceitual ficou evidente que o aluno pensa que a radiação se propaga apenas no ar, ou que o ar preenche todo o cosmo. Estes conectores podem evidenciar a diferenciação dos meios em que os processos de transferência de energia térmica podem ocorrer.

Figura 47 – Mapa conceitual M³ elaborado pelos estudantes



Fonte: O autor, 2015

Quando se busca indícios de aprendizagem significativa, deve-se levar em conta a possibilidade de memorização, o que pode ter ocorrido nos mapas conceituais anteriormente apresentados. Conforme Ausubel (2003, p. 131) sugere:

[...] quando se procuram provas da aprendizagem significativa, quer seja através de questionamento verbal, de aprendizagem sequencialmente dependente ou de tarefas de resolução de problemas, deve ter-se sempre em conta a possibilidade de memorização. Uma vasta experiência na realização de exames faz com que os estudantes se tornem adeptos da memorização, não só de proposições e de fórmulas chave, mas também de causas, exemplos, razões, explicações e formas de reconhecimento e de

resolução de problemas. Pode evitar-se melhor o perigo da simulação memorizada da compreensão significativa através de colocação de questões e de problemas que possuam uma forma nova e desconhecida e exijam uma transformação máxima de conhecimentos existentes.

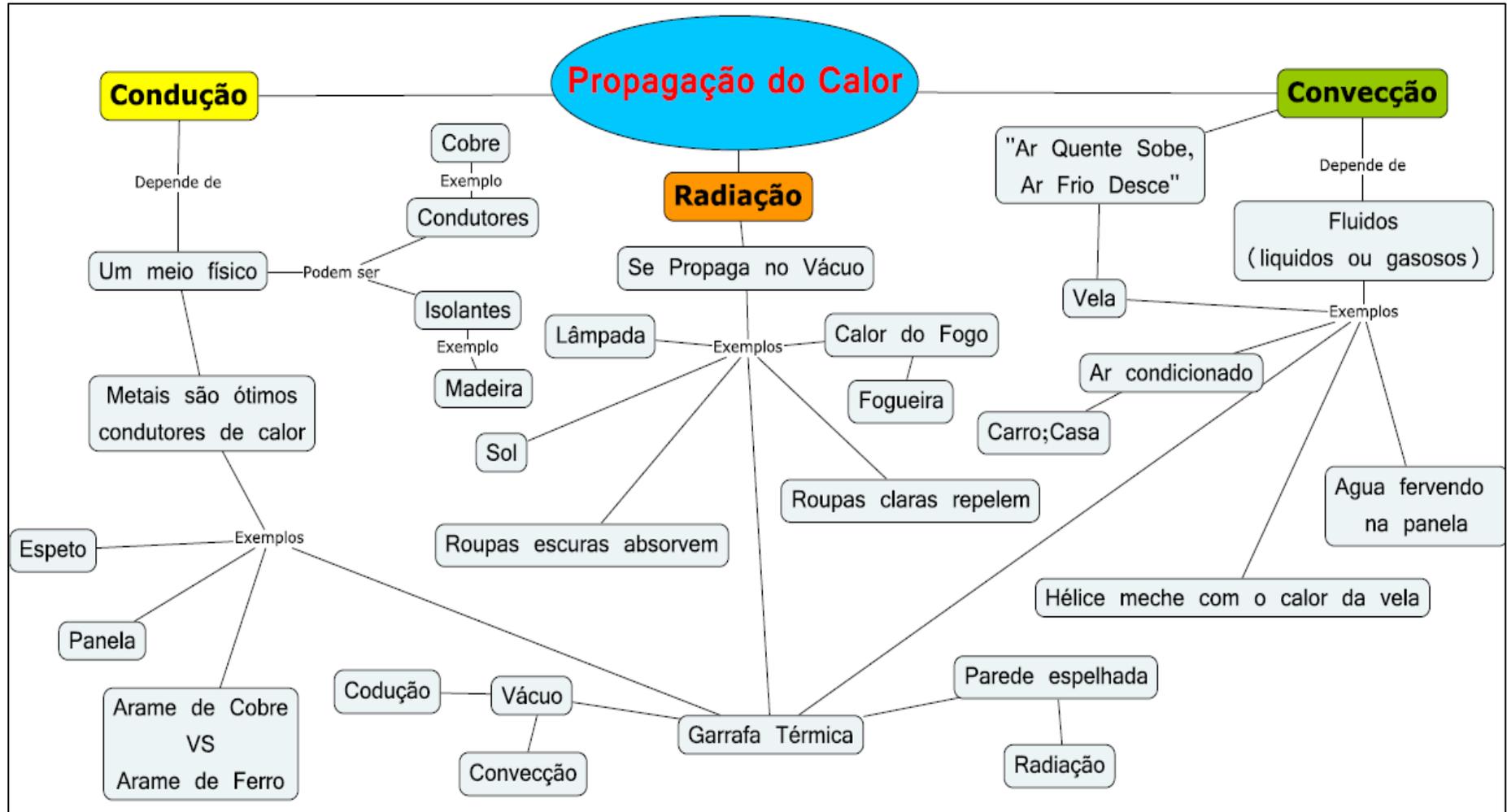
Em contrapartida, observando o mapa conceitual M^4 (elaborado pelos estudantes E^4 e E^6), pode-se visualizar uma quantidade significativa de conceitos e proposições relacionados com o conceito central de propagação da energia térmica. Também apresenta, de acordo com Moreira (1987), hierarquias conceituais, mostrando conceitos específicos, pouco inclusivos e exemplos, principalmente quando se refere aos fenômenos de transferência da energia térmica no cotidiano.

Neste mapa conceitual é importante destacar a ligação entre as três formas de transferência de energia térmica. Os estudantes relacionaram a ocorrência dos três simultaneamente, quando exemplificaram a garrafa térmica como um aparelho destinado a evitar tais processos. Tipler e Mosca (2013, p. 678) destacam que na natureza pode ocorrer mais de um processo de propagação de energia térmica simultaneamente:

Em muitas situações reais, todos os três mecanismos de transferência de energia ocorrem simultaneamente, apesar de um mecanismo poder ser dominante sobre os outros. Por exemplo, um aquecedor de ambiente usa tanto a radiação quanto a convecção. Se o elemento aquecedor é o quartzo, então o mecanismo principal de transferência é a radiação. Se o elemento aquecedor é metálico (que não irradia de maneira tão eficiente quanto o quartzo), então a convecção é o mecanismo principal pelo qual a energia é transferida, com o ar aquecido subindo para ser substituído pelo ar mais frio. Geralmente, os aquecedores possuem ventiladores para acelerar o processo de convecção.

A Figura 48 apresenta o mapa conceitual M^4 .

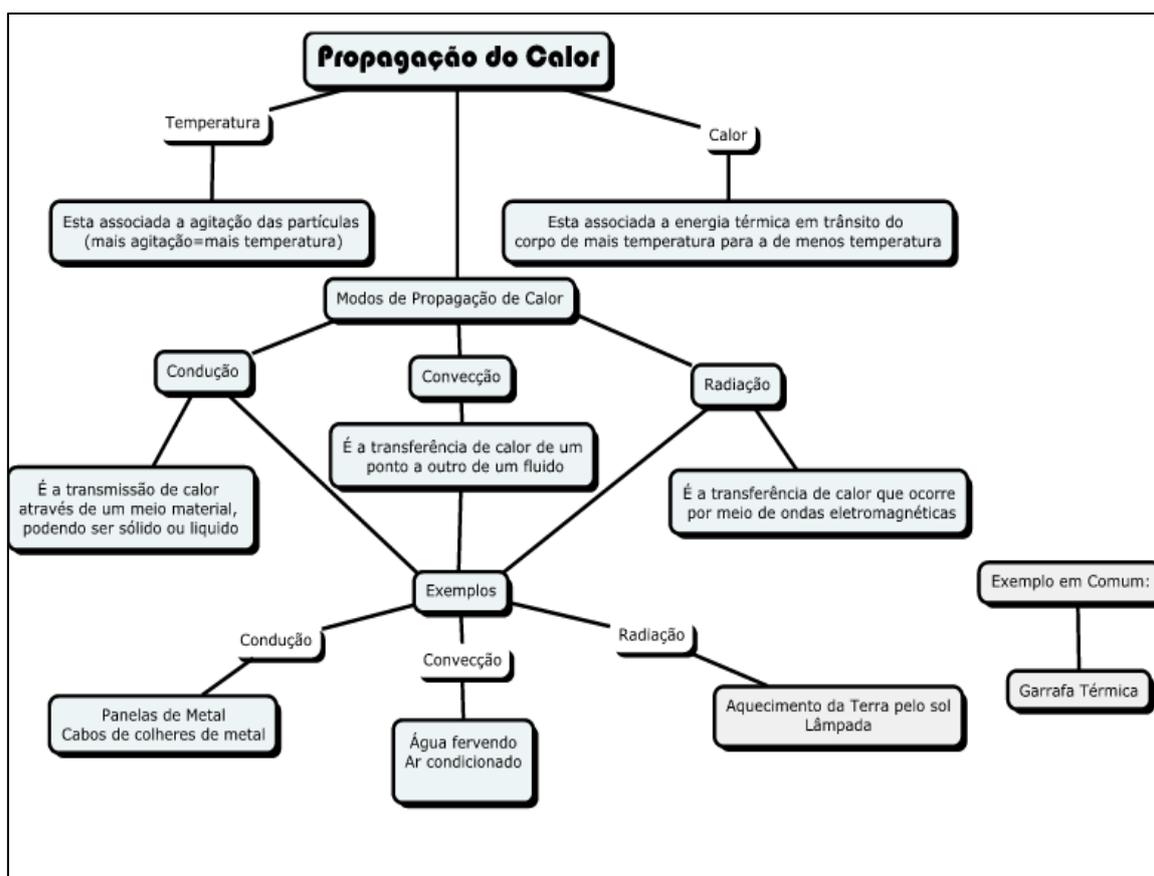
Figura 48 – Mapa conceitual M⁴ elaborado pelos estudantes



Fonte: O autor, 2015

A garrafa térmica foi o aparelho utilizado por sete dos dezoito grupos para evidenciar a simultaneidade dos processos de transferência de energia térmica. Observa-se na Figura 49 o mapa conceitual M^5 (elaborado por E^{15} e E^{30}) onde os estudantes não ligaram com conectores o exemplo da garrafa térmica.

Figura 49 – Mapa conceitual M^5 elaborado pelos estudantes



Fonte: O autor, 2015

Cabe destacar, pelo indício no canto direito deste mapa conceitual, que a existência mútua das formas de propagação de energia térmica provavelmente está presente nas estruturas cognitivas dos alunos, mas na operação dos conceitos do mapa conceitual os estudantes não conseguiram expressar isso com conexões.

Percebe-se, na construção de alguns mapas, que os estudantes procuram colocar frases inteiras, não considerando que as palavras e os conectores devem se relacionar de modo a conduzirem o leitor para a elaboração de uma frase. Estas observações são feitas por Moreira (2006, p. 48):

[...] neste trabalho com mapas conceituais sempre procurei entendê-los como diagramas de conceitos, apenas conceitos, e relações entre conceitos, com algum tipo de hierarquia entre eles. Nesses diagramas os conceitos aparecem sempre relacionados por palavras-conceito (“nomes” dos conceitos) geralmente circunscritas por alguma figura geométrica (elipses, retângulos, por exemplo) que nada significa. As relações são expressas por linhas (de forma arbitrária) conectando as palavras-conceito. Sobre essas linhas, escrevem-se outras palavras, que funcionam como conectivos, de modo que os dois conceitos mais o conectivo sugiram uma proposição (não uma frase completa) que dê uma ideia da relação entre eles.

É importante também destacar que um dos grupos conceituou de forma divergente o sentido da propagação da energia térmica. O mapa conceitual M^6 ilustra isso. O grupo que elaborou o mapa M^6 (estudantes E^{16} e E^{28}), no momento da apresentação para os colegas e para o professor/pesquisador percebeu a divergência escrita e alegaram ter sido uma distração. Como um deles mencionou “Todos sabem que vai do de maior temperatura para o de menor!”.

Este grupo iniciou o mapa conceitual com a diferenciação entre calor e temperatura. Todavia, como mencionado anteriormente, não explicaram o sentido de fluxo da energia térmica cientificamente aceita de acordo com a lei zero da Termodinâmica. Tipler e Mosca (2013, p. 678) salientam o sentido do fluxo da energia térmica:

Se mantermos uma extremidade do bastão a uma temperatura elevada e a outra extremidade a uma temperatura baixa, a energia será conduzida através do bastão da extremidade quente para a extremidade fria.

A Figura 50 ilustra este mapa.

Figura 50 – Mapa conceitual M⁶ elaborado pelos estudantes

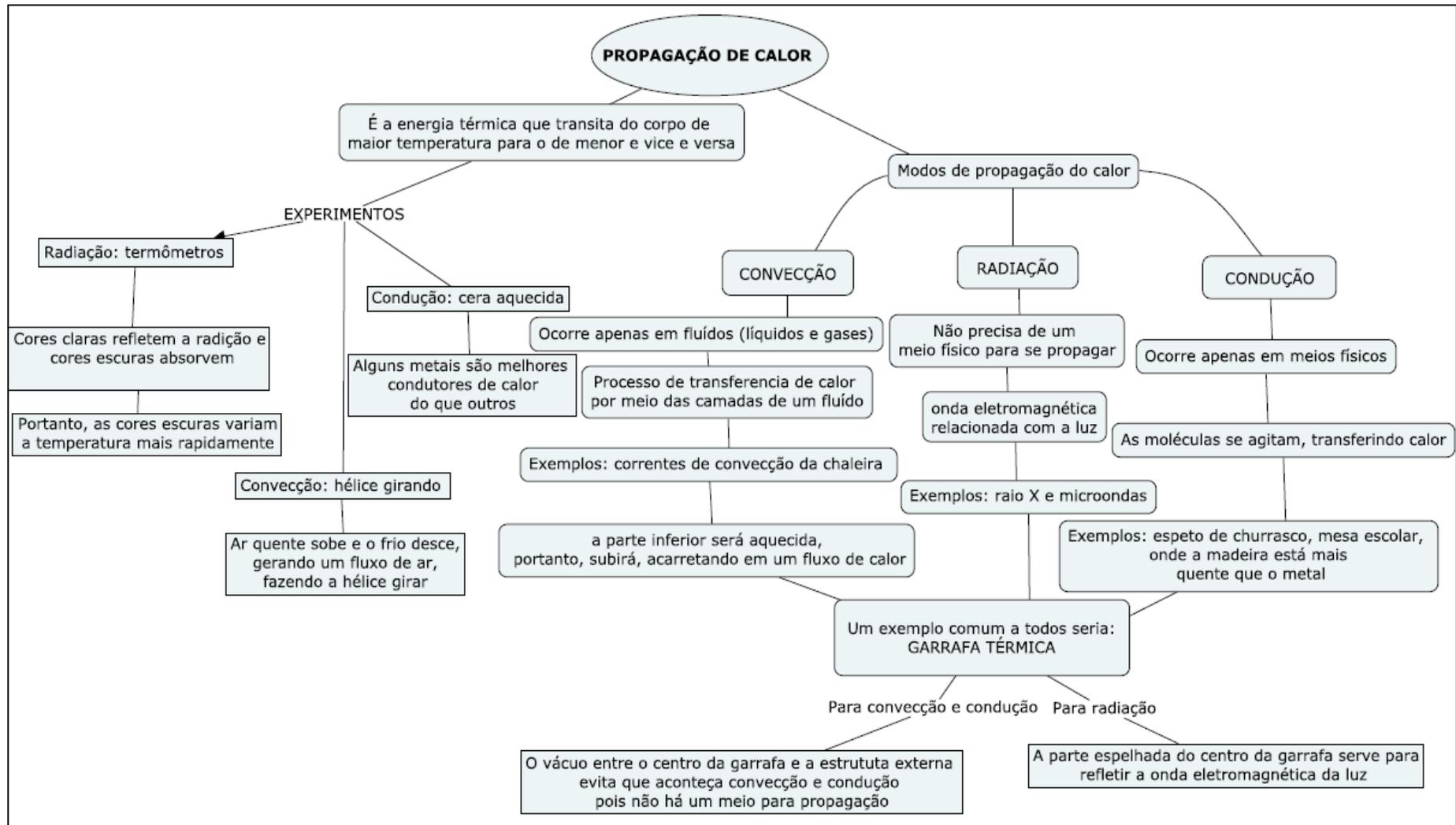


Fonte: O autor, 2015

Outro grupo, durante a apresentação do mapa conceitual, destacou que escreveu o termo “vice e versa” para o sentido de propagação da energia térmica pelo fato de já terem lido que os refrigeradores são máquinas térmicas que operam ao contrário. Conforme Tipler e Mosca (2013, p. 640):

Um refrigerador é, essencialmente, uma máquina térmica que funciona ao contrário. Calor é retirado do interior do refrigerador (reservatório frio) e calor é liberado para o ambiente (reservatório quente). A experiência mostra que esta transferência requer sempre, que o trabalho seja realizado sobre o refrigerador – um resultado conhecido como o enunciado da segunda lei da termodinâmica para refrigeradores []

O mapa conceitual M^7 , apesar de apresentar mais frases do que conceitos, como é a proposta de um mapa conceitual, elencou elementos importantes, tanto das aulas experimentais quanto das computacionais, observado na escrita à direita do mapa conceitual “as moléculas se agitam”. Essa escrita pode evidenciar a relação visual estabelecida pelos estudantes, pois o movimento das moléculas só pode ser observado com o auxílio da simulação. Trouxe exemplos dos experimentos realizados e a garrafa térmica, onde os três processos de propagação ocorrem simultaneamente. Observe a Figura 51 que apresenta o mapa conceitual M^7 (elaborado pelos estudantes E^1 e E^{19}).

Figura 51 – Mapa conceitual M⁷ elaborado pelos estudantes

Fonte: O autor, 2015

O termo “meio físico” que aparece no mapa conceitual M⁷ refere-se à existência de matéria, condição para que ocorra a condução e a convecção, pois a radiação pode ocorrer na ausência de matéria.

No mapa conceitual M⁸ (elaborado pelos estudantes E¹² e E²⁵) pode-se perceber a ligação com o questionário semiestruturado. Pode-se inferir indícios de que os estudantes estabeleceram relações de diferenciação progressiva. A Figura 52 apresenta o mapa conceitual M⁸.

Figura 52 – Mapa conceitual M⁸ elaborado pelos estudantes

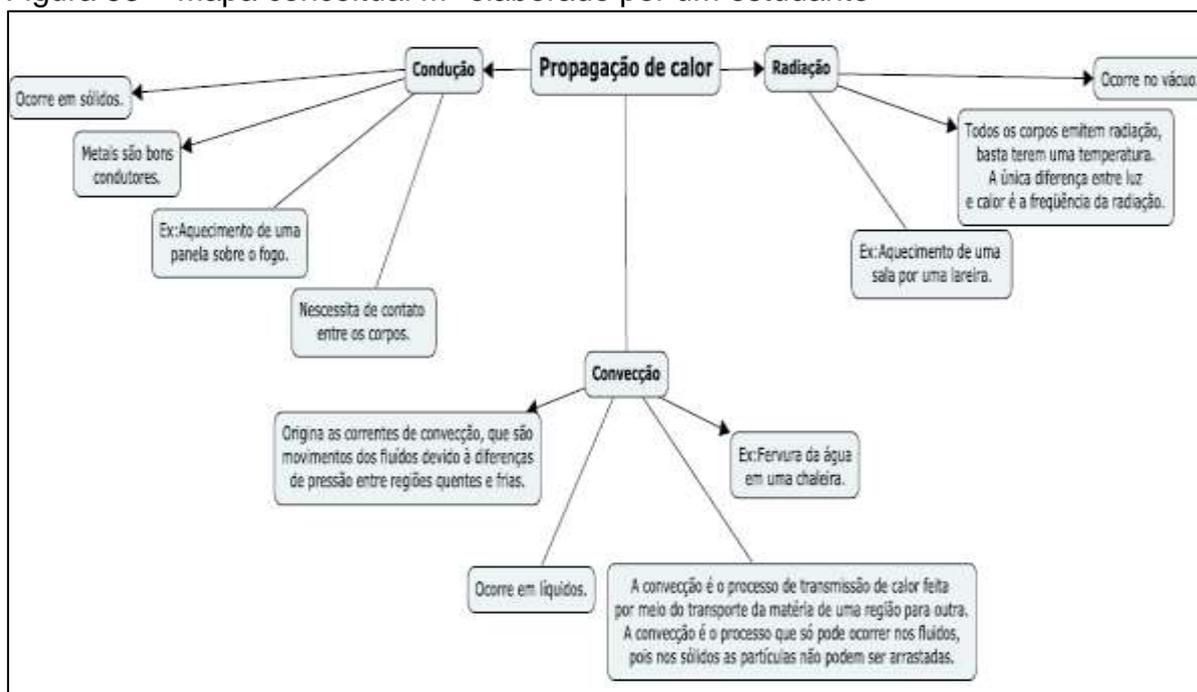


Fonte: O autor, 2015

Analisando-se os mapas dos alunos M⁹ e M¹⁰, não se percebem indícios de conceitos, apresentando poucas relações com o conceito central (propagação da energia térmica). Conforme a teoria de Ausubel (2003), tal fato parece estar relacionado com a organização da estrutura cognitiva dos alunos, na qual o conceito de transferência de energia térmica pode ainda não estar claro e estável, com elementos que ainda não foram diferenciados. Outro aspecto a ressaltar é que pode ter ocorrido a memorização de respostas. De acordo com Moreira (1999), a aprendizagem significativa ocorre a partir da compreensão genuína/verdadeira de um conceito ou proposição que são os significados claros, precisos, diferenciados e

intransferíveis. O autor destaca que é possível obter do aluno apenas as respostas memorizadas e mecânicas. Isso pode ser justificado pelo fato dos alunos terem se habituado a memorizar o problema, a explicação, o modo de resolver e as fórmulas utilizadas na solução. As Figuras 53 e 54 apresentam os mapas M^9 (elaborado pelo estudante E^{29}) e M^{10} (elaborado pelos estudantes E^{32} e E^{33}).

Figura 53 – Mapa conceitual M^9 elaborado por um estudante *



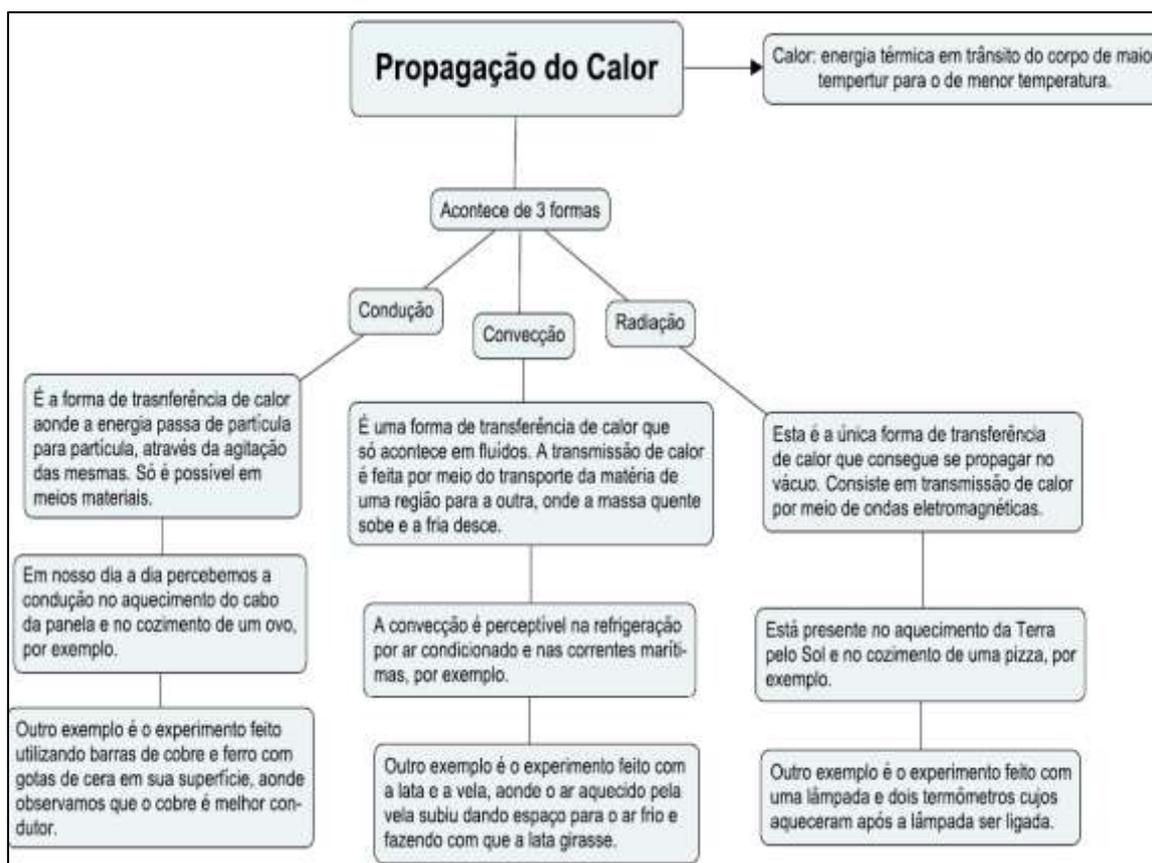
Fonte: O autor, 2015

* Como a turma é constituída de 35 alunos formaram-se 17 duplas e um estudante optou por trabalhar sozinho (M^9).

O mapa M^9 apresenta ideia de que é apenas no vácuo que ocorre a radiação. De acordo com o conhecimento científico a radiação é o único modo de propagação da energia térmica que pode ocorrer no vácuo, podendo ocorrer também em meios materiais.

A Figura 54 ilustra o mapa conceitual M^{10} .

Figura 54 – Mapa conceitual M¹⁰ elaborado pelos estudantes



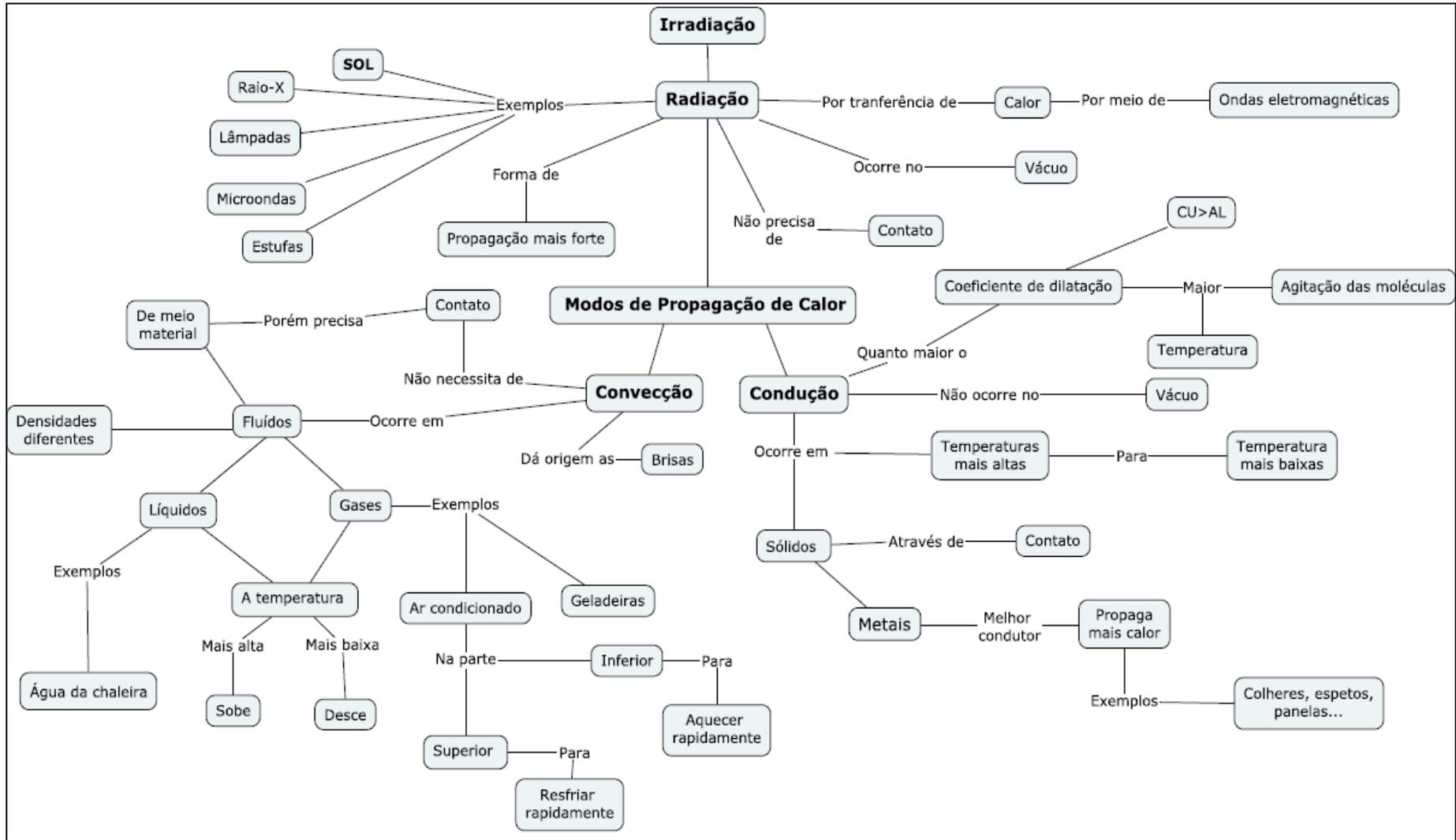
Fonte: O autor, 2015.

Em contrapartida, observando o mapa conceitual do aluno M¹¹, pode-se visualizar uma quantidade significativa de indícios e proposições relacionados com o conceito central transferência de energia térmica. Também apresenta, de acordo com Moreira (1983), hierarquias conceituais, mostrando conceitos específicos, pouco inclusivos e exemplos, principalmente quando se refere aos relacionados com o cotidiano.

Observa-se que o termo radiação aparece no topo do mapa conceitual. Quando questionados sobre isso, os estudantes disseram que o elemento central é o principal, só não conseguiram deixar esteticamente melhor a apresentação do mapa. Este mapa foi construído pelos estudantes E²² e E³⁵.

A Figura 55 apresenta o referido mapa conceitual.

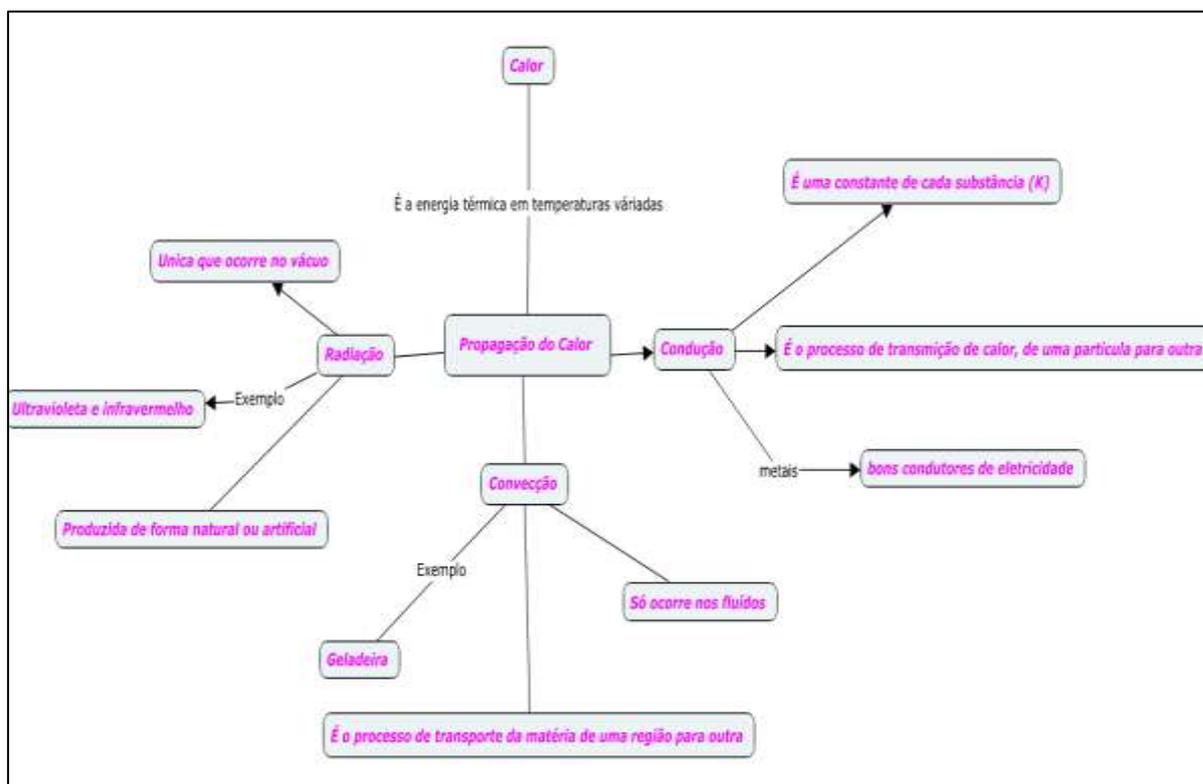
Figura 55 – Mapa conceitual M¹¹ elaborado pelos estudantes



Fonte: O autor, 2015.

Essa hierarquia pode ser observada no mapa quando refere-se à condução que pode ocorrer em metais, que são melhores condutores de energia térmica, exemplificando com colheres, espetos e panelas. Percebe-se o formato de teia de aranha na construção desse mapa. Este formato também é observado no mapa M¹² (elaborado pelos estudantes E²¹ e E²⁶), apresentado na Figura 56.

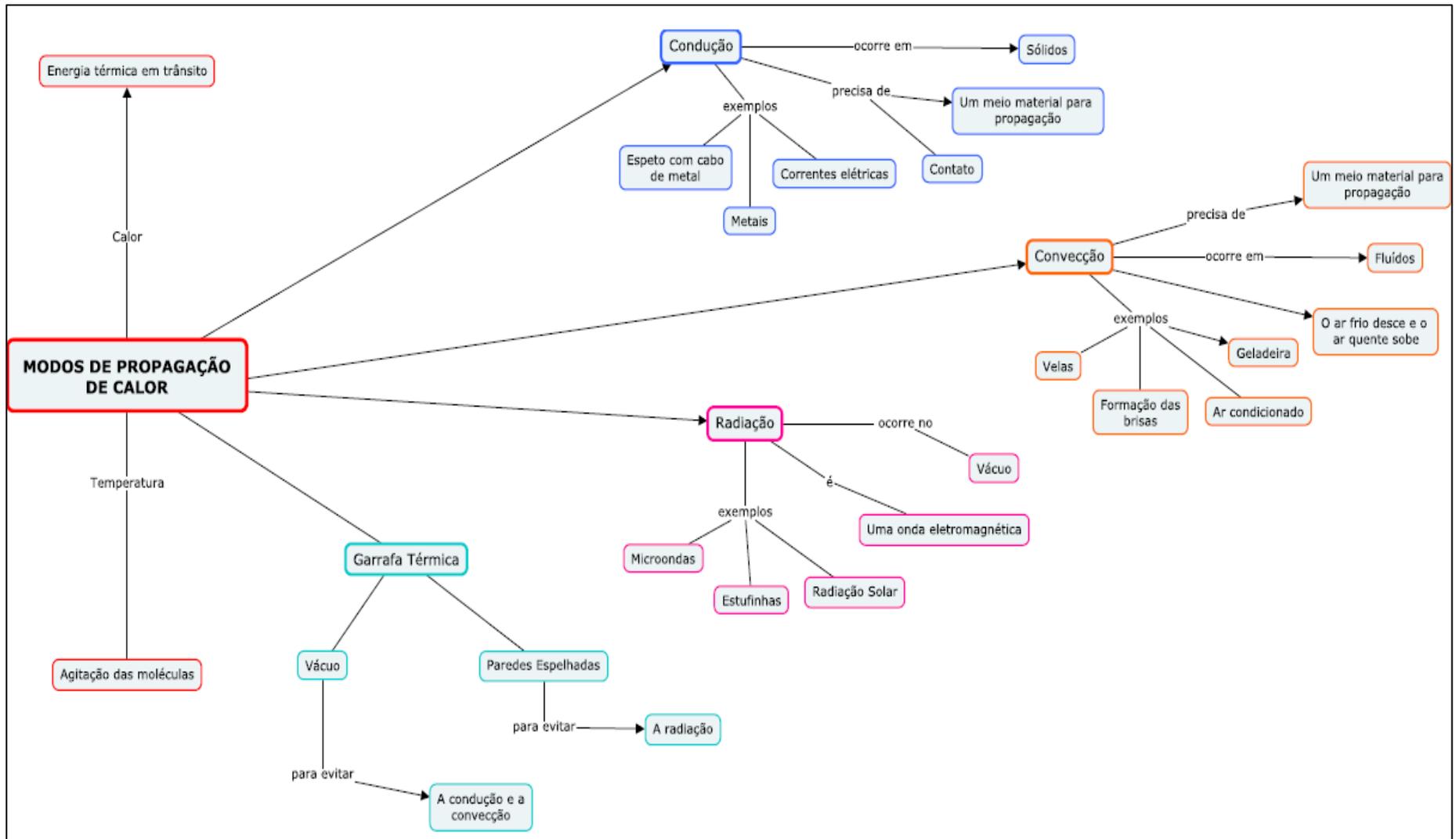
Figura 56 – Mapa conceitual M¹² elaborado pelos estudantes



Fonte: O autor, 2015.

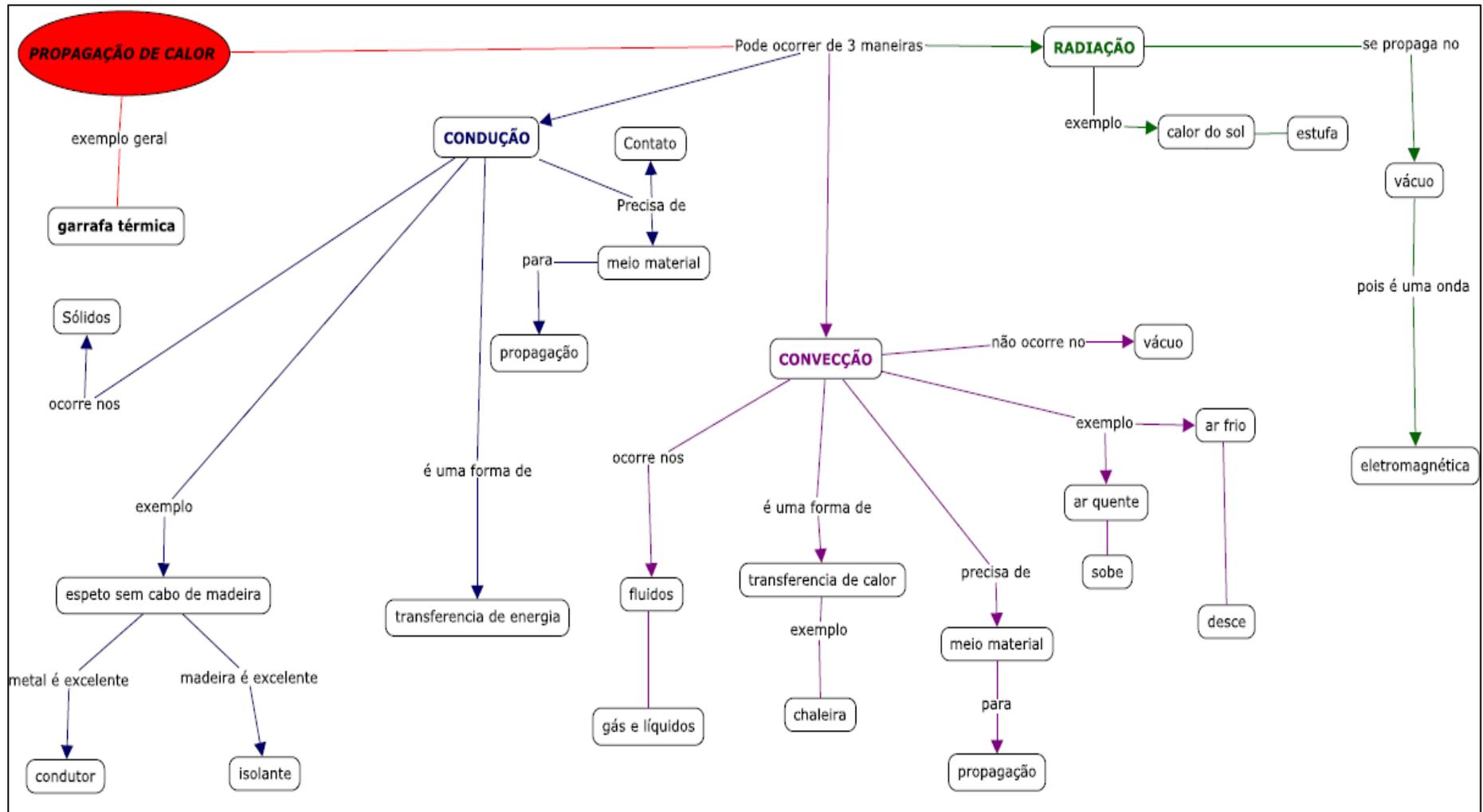
Os estudantes relacionaram um novo conceito, o de condutividade térmica, que é característico de cada material, sem no entanto, utilizar este termo. A partir das afirmações presentes nos mapas conceituais M¹³ (estudantes E² e E⁹) e M¹⁴ (estudantes E⁵ e E²⁵) e nas apresentações realizadas, pode-se inferir, segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), que alguns alunos parecem estabelecer relações explícitas entre materiais do cotidiano, experimentos e simulações e a propagação da energia térmica, o que pode evidenciar uma interação substantiva entre o novo conhecimento (transferência da energia térmica) e algum subsunçor já existente na estrutura cognitiva (condutor, isolante, radiação). As Figuras 57 e 58 destacam os conceitos presentes nos mapas M¹³ e M¹⁴.

Figura 57 – Mapa conceitual M¹³ elaborado pelos estudantes



Fonte: O autor, 2015.

Figura 58 – Mapa conceitual M¹⁴ elaborado pelos estudantes



Fonte: O autor, 2015.

Nos mapas conceituais M¹³ e M¹⁴ observa-se novamente a ideia de que a radiação só ocorre no vácuo, uma vez que o correto seria que ela também pode ocorrer no vácuo.

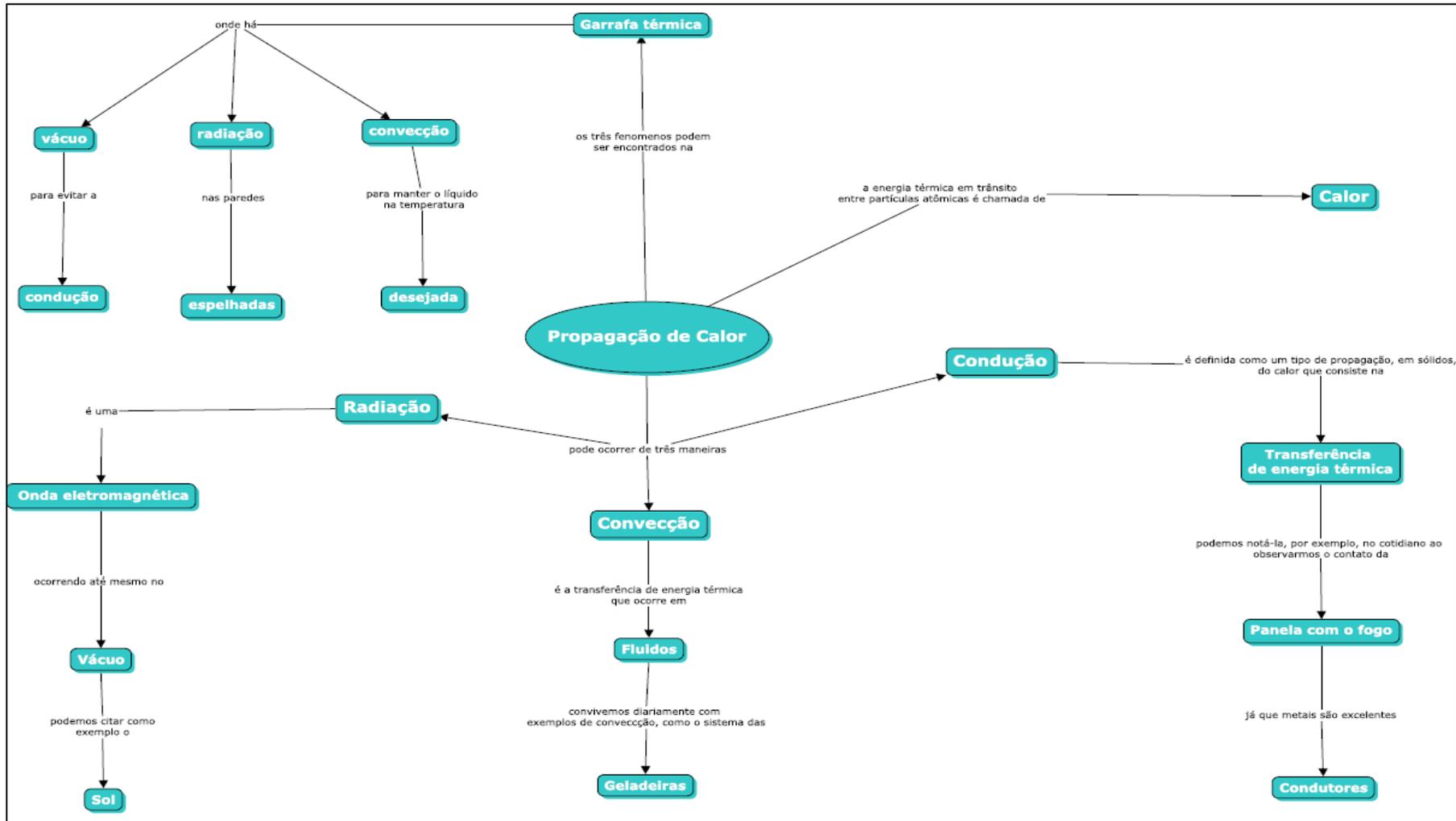
A partir da análise dos mapas M¹³ e M¹⁴ percebe-se que foram utilizadas cores diferentes, provavelmente para reforçar a distinção entre as formas de propagação de energia térmica. Os referidos mapas também apresentam indícios da diferenciação de significados e da reconciliação integradora, principalmente quando os estudantes relacionam os experimentos e simulações realizadas com a charge do questionário semiestruturado e ainda, diferenciam a existência dos três processos na garrafa térmica. Isto vem ao encontro do que Moreira (2011a, p. 22) destaca:

Quando aprendemos de maneira significativa temos que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferenciarmos cada vez mais os significados, acabaremos por perceber tudo diferente. Se somente integrarmos os significados indefinidamente, terminaremos percebendo tudo igual. Os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas parecem ocorrer com intensidades distintas [].

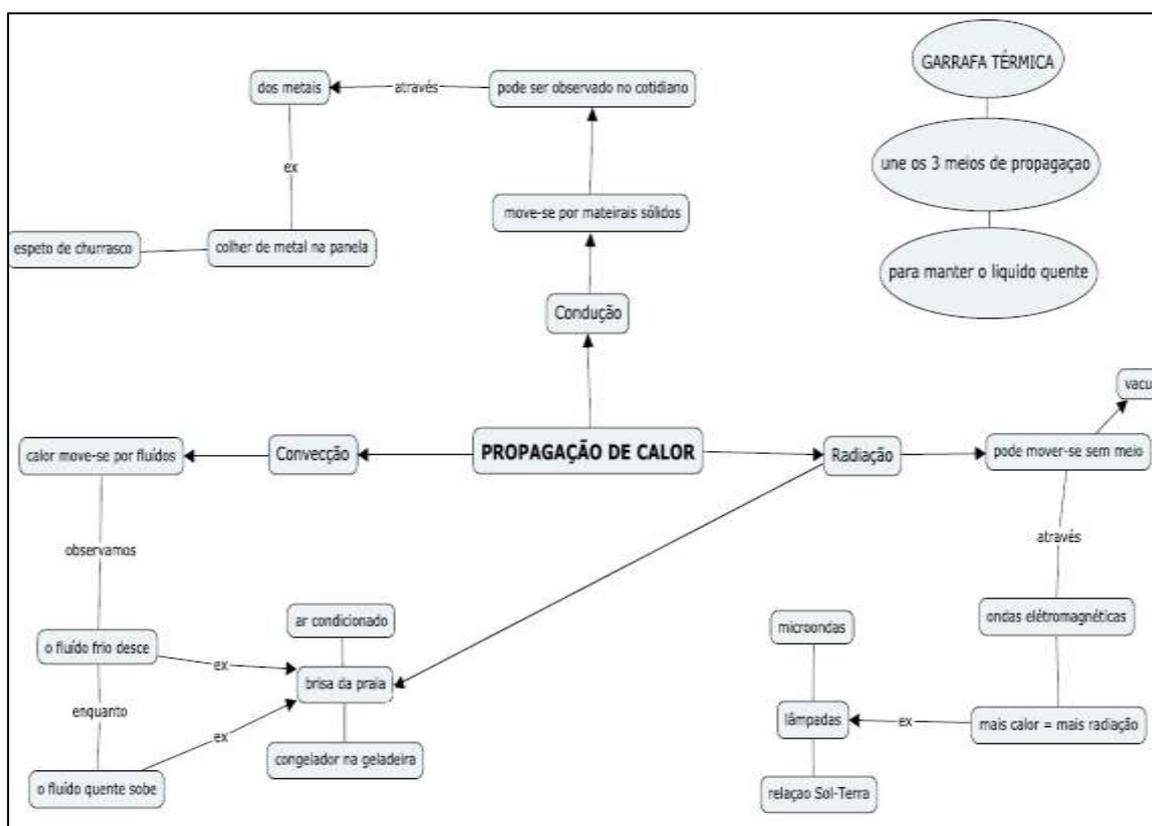
Outros alunos representaram mapas como um fluxograma, nos quais “as informações estão organizadas de uma maneira lógica e sequencial” (Tavares, 2007, p. 75), conforme pode ser visto no mapa M¹⁵ (estudantes E⁸ e E¹⁸) apresentado na Figura 59.

Moreira (2006, p. 62) destaca: “A utilização de diagramas ou “mapas” hierarquizando e relacionando conceitos é também um esforço no sentido de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa”. No mapa conceitual M¹⁶ (mapa elaborado pelos estudantes E³ e E²⁴). Observa-se a organização hierárquica e as relações de diferença de densidade e temperatura na formação das brisas na praia. A Figura 60 apresenta este mapa.

Figura 59 – Mapa conceitual M¹⁵



Fonte: O autor, 2015.

Figura 60 – Mapa conceitual M¹⁶

Fonte: O autor, 2015.

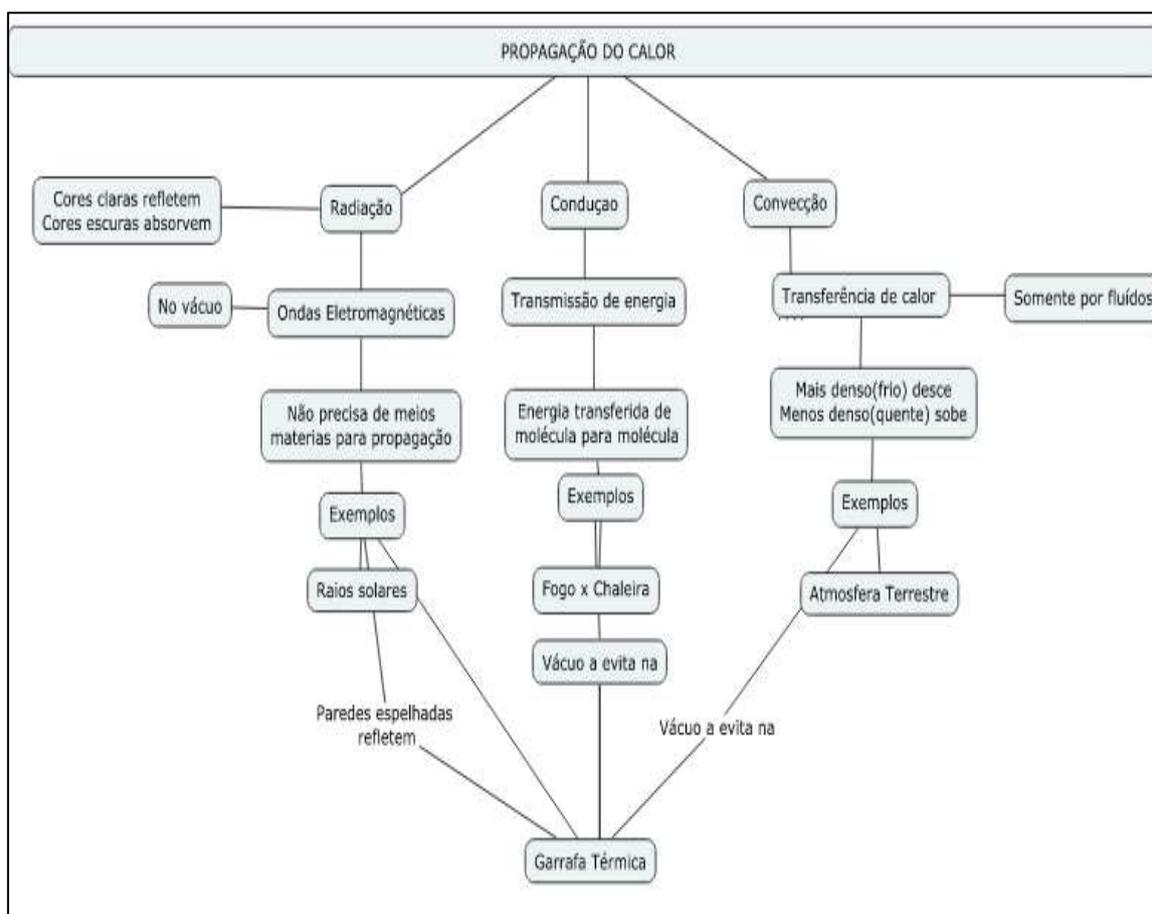
Observa-se neste mapa o termo “move-se” que não é o correto. O melhor seria “propaga-se”. Destaca-se também que os estudantes perceberam a presença da radiação também na formação das brisas. Os demais grupos não ligaram este conector à radiação. Gaspar (2005, p. 368) aborda a presença dos dois fenômenos simultâneos na formação das brisas:

As brisas marítimas – correntes de ar nas regiões litorâneas – ilustram a radiação, a convecção e os conceitos de temperatura, calor e calor específico. Durante o dia o calor do sol chega à superfície da Terra por radiação. Nas regiões litorâneas, a costa continental e o mar recebem praticamente a mesma potência térmica. [...] A costa e o mar aquecem o ar que está junto deles também por radiação, o que faz a temperatura da costa se tornar mais alta do que a do ar junto ao mar. Essa diferença de temperatura origina a convecção do ar: uma corrente de ar que vai do mar, mais frio, para a costa, mais quente.

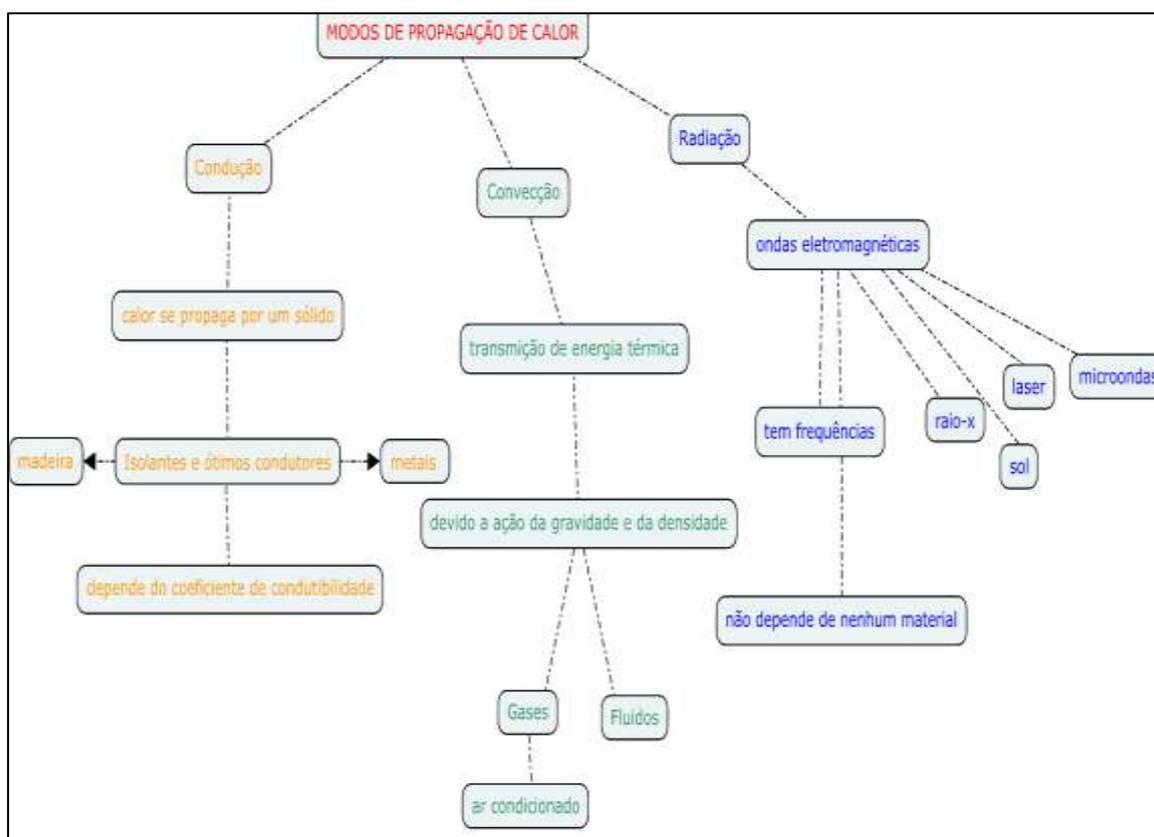
Logo que anoitece, a radiação térmica proveniente do Sol deixa de atingir a costa e o mar, mas os dois continuam a emitir calor para o ar por radiação e passam a resfriar-se. [...] Com o tempo a temperatura do ar junto à costa também se torna menor que a do mar e as correntes de convecção invertem o sentido: sopram da costa, mais fria, para o mar, mais quente.

Os mapas conceituais M¹⁷ (elaborado por E¹³ e E³¹) e M¹⁸ (apresentado por E¹³ e E³⁴) também apresentam estruturação na forma de hierarquia vertical. Os estudantes que os construíram trouxeram o termo “onda eletromagnética”, porém apenas no mapa M¹⁷ aparece o conector vácuo, justificando que este é o único modo de propagação que pode ocorrer no vácuo. No mapa M¹⁷ também se observa o exemplo da garrafa térmica, unindo as três formas de transferência de energia térmica. As Figuras 61 e 62 apresentam os referidos mapas conceituais.

Figura 61 – Mapa conceitual M¹⁷



Fonte: O autor, 2015.

Figura 62 – Mapa conceitual M¹⁸

Fonte: O autor, 2015.

O transporte de energia por ondas eletromagnéticas é explicado por Halliday e Resnick (2006, p. 194):

A energia é transportada do Sol até nós por ondas eletromagnéticas que se propagam livremente através do vácuo quase perfeito do espaço. Se você ficar muito próximo de uma fogueira ou qualquer fonte de calor em campo aberto, se aquecerá pelo mesmo processo. Todos os objetos emitem tais radiações eletromagnéticas, simplesmente porque sua temperatura está acima do zero absoluto, e todos os objetos absorvem um pouco da radiação que chega até eles, emitida por outros objetos.

No mapa conceitual M¹⁸ também apresenta a utilização de cores diferentes possivelmente buscando a distinção entre as formas de propagação de energia térmica. Também é possível observar o conceito “frequência” que foi explicado pelos estudantes durante a apresentação dos mapas. Um dos alunos do grupo disse: “Conforme a frequência da luz, podemos a enxergar ou não, como os raios infravermelhos e ultravioletas. Somente em determinadas frequências podemos enxergar!” Esta fala vem ao encontro do que Gaspar (2005, p. 367) enfatiza:

A única diferença entre calor e luz é a frequência da radiação. As radiações de calor (infravermelhas) estão entre as frequências de 10^{11} Hz a $4 \cdot 10^{14}$ Hz; as radiações luminosas estão no curto intervalo de $4 \cdot 10^{14}$ Hz a $8 \cdot 10^{14}$ Hz.

Ao analisar o conjunto dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes identificam-se aspectos significativos que surgiram como: a garrafa térmica exemplificando os três modos de propagação da energia térmica; a distinção de cada processo; ligações com exemplos do cotidiano; radiação como onda eletromagnética; diferenciação entre calor e temperatura; o movimento das ondas de convecção; apresentação das ideias por meio de diferentes formas de estruturas de mapas conceituais. Apesar de não aparecer explicitamente as atividades práticas ou computacionais nos mapas, pode-se observar vários indícios na forma de palavras ou ideias que representam indiretamente as atividades trabalhadas.

Cabe também listar alguns aspectos não significativos destas construções como a falta de conexões nos mapas dos três modos de propagação da energia térmica; falta de conexões e flechas nos mapas conceituais; textos escritos dentro das caixas; em vários mapas parece que fica a ideia de que a radiação ocorre apenas no vácuo.

Finalmente, analisando o conjunto de 18 mapas conceituais, verifica-se que, conforme Moreira (2005) e Tavares (2007), a aprendizagem implica atribuição de significados idiossincráticos e os mapas traçados pelos alunos evidenciaram isto. De uma forma geral, os mapas iniciais, apresentaram conceitos e conectores importantes quando se trabalha as formas de propagação da energia térmica. Alguns estudantes mencionaram que ouvem, durante os noticiários de previsão do tempo, temos errados, confundindo calor e temperatura. Um dos estudantes mencionou “É como aquela velha história: você vai na farmácia e sobe na balança para ver sua massa e não o seu peso, como ouvimos muitos falar!”. Isso evidencia que os estudantes modificaram suas concepções iniciais, o que pode ser um indício de reconciliação integradora, que conforme Moreira (2006) faz parte do processo de aprendizagem significativa, resultando num delineamento explícito de similaridades e diferenças entre ideias correlatas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Física ganha sentido se estudada, vivida e incorporada pelo estudante nos fenômenos que vê, constata e manipula. O professor de Física deve priorizar e valorizar as diferentes maneiras encontradas pelos estudantes na resolução das atividades, bem como fazer a ligação entre o concreto e o abstrato e, inclusive, relacionar os conteúdos com o cotidiano dos estudantes. Deste modo, a Física pode passar a ter o seu real valor e sentido para os estudantes.

O problema desta pesquisa consistiu em identificar quais as implicações da integração das atividades experimentais e simulações computacionais na aprendizagem significativa dos estudantes no conteúdo de transferência de energia térmica no 2º ano do Ensino Médio em uma escola da rede particular, na cidade de Erechim/RS? Através dos estudos e atividades realizadas durante a investigação, percebeu-se que as atividades experimentais e as simulações computacionais, quando trabalhadas de forma integrada, podem ser favoráveis à aprendizagem significativa dos estudantes.

Ao comparar os resultados do questionário semiestruturado com as respostas das atividades experimentais e das simulações, bem como com os mapas conceituais construídos, observa-se indícios de que novos conceitos acerca da propagação da energia térmica foram elaborados. Também foi possível observar que houve indícios que ocorreu a modificação dos subsunçores já presentes nas

estruturas cognitivas dos estudantes. Conforme Moreira (2011a) quando aprendemos de maneira significativa, conseguimos progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos, percebendo diferenças entre eles. Nesse processo, conforme o autor, é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas ocorrer a diferenciação cada vez maior dos significados, corre-se o risco de perceber tudo diferente. Todavia, se ocorrer somente a integração dos significados, pode-se terminar percebendo tudo igual. Moreira (2011a) salienta que estes dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva.

Tendo como objetivo principal investigar as implicações do uso de simulações vinculadas às atividades experimentais na aprendizagem significativa dos estudantes no tópico transferência de energia térmica, no 2º ano do Ensino Médio, foi possível, por meio das atividades realizadas, perceber indícios que os estudantes estavam mais motivados e predispostos para trabalhar com as atividades experimentais e as simulações, realizando as atividades com entusiasmo e demonstrando interesse. O interesse permaneceu posterior ao desenvolvimento desta intervenção. Cabe salientar que a escola, como atividade integrante do seu Projeto Político pedagógico, propõe a cada ano, a Mostra Científica e esta aconteceu no início do mês de julho. Os estudantes participaram com determinação e motivação, produziram vídeos e trabalharam com simulações para que os visitantes pudessem entender as teorias estudadas por Albert Einstein (já que este foi o tema da turma que participou desta pesquisa). Portanto, o interesse e a motivação durante as aulas de Física continuaram e permearam mais este trabalho da escola.

Na sequência, são expostos os resultados alcançados por meio do desenvolvimento dos objetivos específicos. O primeiro objetivo - Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados à transferência de energia térmica (condução, convecção e radiação), bem como suas aplicações em situações do cotidiano – foi alcançado através da realização do questionário semiestruturado. Por meio dele, foi possível verificar que os estudantes apresentavam algumas noções de propagação da energia térmica, principalmente a condução e a radiação, porém não diferenciavam calor e temperatura, o que para muitos significavam sinônimos. Por este motivo, o professor/pesquisador inicialmente estabeleceu a diferenciação destes dois conceitos, através de explicação oral dialogada.

O segundo objetivo - Desenvolver o conteúdo de transferência de energia térmica (condução, convecção e radiação) por meio da integração entre as atividades experimentais e as simulações computacionais durante as aulas de Física no 2º ano do Ensino Médio, foi atingido com as atividades experimentais e computacionais realizadas durante a intervenção pedagógica. Esses recursos possibilitaram aos estudantes a visualização dos fenômenos que muitas vezes observam no seu cotidiano, bem como a diferenciação entre as três formas de transferência de energia térmica e, a existência concomitante delas.

Já o terceiro objetivo - Investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos sobre elementos importantes da Termologia (formas de transferência de energia térmica) – foi possível verificar, tanto nos questionários das atividades experimentais e computacionais, quanto nos mapas conceituais, a evolução nas respostas e nos conceitos abordados neste conteúdo, apontando indícios de modificação de subsunçores.

As falas de alguns estudantes durante as aulas - elemento importante para a análise, conforme Carvalho (2005) evidencia - são indícios que convergem para a aprendizagem significativa: *“agora entendo o porquê das lajotas parecerem mais frias e o piso de madeira mais quente!”*.(E⁴); *“Ah!!!! Os coletores solares têm que ser sempre pintados de preto opaco, assim absorvem mais a energia do sol, que é principalmente por radiação!!”* (E¹⁵); *“Aprender Física dessa forma é muito mais produtivo! Por que a profe não nos deu aula no ano passado?”* (E²⁸). Ausubel (2003) destaca em sua teoria, que a linguagem pode determinar ou refletir as operações mentais que se estabelecem para a aquisição de conceitos mais abstratos ou de ordem superior.

É importante salientar que nem todos os estudantes evoluíram, o que pode ser observado em alguns mapas conceituais. Houve transições, algumas no sentido significativo e outras no sentido mecânico. Moreira (2001) evidencia que é muito frequente a aprendizagem ser de forma mecânica e não significativa.

Ao final da pesquisa, pode-se inferir que a elaboração de propostas metodológicas que integrem as atividades experimentais e as simulações

computacionais podem constituir-se em um material potencialmente significativo para o trabalho do professor, visando a aprendizagem significativa dos estudantes. Ao final das atividades propostas os alunos demonstraram a vontade de que o trabalho dos demais conteúdos da Física do 2º ano do Ensino Médio seja com atividades experimentais e simulações. Moreira (2011a) destaca ser fundamental que o aprendiz apresente predisposição para aprender e que o material seja potencialmente significativo, para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Ao concluir a pesquisa, espera-se que as atividades experimentais integradas com as simulações computacionais possam ser desenvolvidas como uma possibilidade de fazer parte do cotidiano da sala de aula, em instituições de diferentes esferas proporcionando ao estudante uma nova forma de aprender, desenvolvendo habilidades como observação, análise, tomada de decisões e raciocínio lógico. As atividades experimentais, reais e virtuais são uma possibilidade para envolver os alunos e motivá-los, bem como, uma alternativa para sair das aulas tradicionais centradas em quadro, giz e livros.

Ao término das atividades descritas nesta intervenção pedagógica, a pesquisadora pretende, cada vez mais, utilizar as atividades experimentais integradas às simulações computacionais em seu trabalho em sala de aula, nos mais diversos conteúdos. Após o fim desta experiência com atividades experimentais e simulações computacionais percebe-se que novas metodologias precisam ser pensadas, de forma que possibilitem desenvolver os conteúdos da estrutura curricular das escolas, e que também possam desenvolver outras habilidades. Um desafio que esta pesquisadora se propõe é fazer uso de simulações computacionais em outras áreas do conhecimento e com as demais turmas em que trabalha.

As atividades experimentais (reais e virtuais) trabalhadas integradas podem romper com o formalismo existente na estrutura curricular das escolas onde, conforme Moreira (2006), os conteúdos estão listados em um programa que é seguido linearmente, sem idas e voltas, ou como se os aspectos mais importantes devessem ficar para o final. O resultado desse enfoque é, geralmente, aprendizagem mecânica. Da mesma forma, o autor ressalta que a maioria dos livros didáticos também é organizada desta forma linear e cronológica, começando do

mais simples e terminando com o mais complexo. O autor destaca que para a aprendizagem significativa ser facilitada, o aprendiz deve ter uma visão inicial do todo, do que é importante para, então, diferenciar e reconciliar significados, critérios, propriedades e categorias. E essa organização linear não promove a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Portanto, a integração entre atividades experimentais e simulações computacionais pode contribuir para a ocorrência da aprendizagem significativa dos estudantes. Para trabalhos futuros, seria interessante a utilização da experimentação e simulação também em outras áreas do conhecimento, como a Química, Matemática e Biologia, permitindo que os estudantes, principalmente, na Educação Básica, participem ativamente da construção do seu conhecimento. Este é um desafio a cada profissional da educação, nas mais diversas áreas que, como os desta pesquisa, não concebem a escola na era pós moderna, que Baumann (2000) definiu como modernidade líquida, igual à escola de dois séculos atrás. No contexto pós moderno deveria se pensar a escola e a aprendizagem como um rizoma, onde as redes e as conexões entre os saberes, os alunos e a escola devem existir verdadeiramente.

REFERÊNCIAS

ADAMS, W.K.; REID, S.; LEMASTER, R.; MCKAGAN, S.B; PERKINS, K.K.; **Journal of Interactive Learning Research** 19, 397, 2008.

AGUIAR, C.E. **Informática no Ensino de Física**. Rio de Janeiro: CEDERJ, 2010.

ANDRADE, J.A.N. **Contribuições formativas do laboratório didático de física sob o enfoque das racionalidades**. 2010. 146 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.

ARANTES, A.R.; MIRANDA, M.S; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, 2010.

ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Ângela. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 04, No. 03, 2002.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Tecnologias computacionais no ensino de Ciências**. Texto de Apoio. N. 24 do PIDEAC, Porto Alegre: UFRGS, 2005.

ARAÚJO, I.S.; VEIT, E.A.; MOREIRA, M.A. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de física: um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências**. V 17, pp. 341-366, 2012.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176 – 194, jun. 2003.

AUSUBEL, David.P. **A Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Paralelo Editora, LDA. LISBOA. 1.^a Edição, 2003.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BAUMANN, Zygmunt. **Modernidade Líquida**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2000. Tradução, Plínio Dentzien.

BEHAR, Patrícia Alejandra. **Modelos pedagógicos de educação à distância**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

BONADIMAN, Hélio. **Educação para Crescer**. Projeto: Melhoria da qualidade de ensino, Ciências 1.^o e 2.^o grau. Porto Alegre, 1993.

BORGES, A. Tarciso. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**. v. 19, n. 3, p. 291-313, dez 2002.

BRANDÃO, R.V.; ARAUJO, I.S.; VEIT,E.A. A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física. **Física na Escola**. São Paulo, v. 9, n. 1, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BUCUSSI, Alessandro A. **Introdução ao Conceito de Energia**. Textos de apoio ao professor de física. Porto Alegre, 2007.

CARLOS, J.G.; MONTEIRO JR., F.N.M; AZEVEDO, H.L.; SANTOS, T.P.; TANCREDO, B.N. Análise de Artigos sobre Atividades Experimentais de Física nas Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2009. Florianópolis. **Anais...** 2009.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. **As faces da Física**. São Paulo: Moderna, 1997.

CARVALHO, A. M. P. Metodología de Investigación en enseñanza de física: Una propuesta para estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje. **Enseñanza de la Física** v. 18, n. 1, p. 29-37, 2005.

CARVALHO, A. M. P.; LOCATELLI, R. J. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7 n. 3, p. 45-60, 2007.

COELHO, S. M. et al. Formação continuada de professores numa visão construtivista: contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 7-34, abr. 2008.

COSTA, R.F da. **A matemática e os circuitos elétricos de corrente contínua: uma abordagem analítica, prático-experimental e computacional**. 2007, 114f. Dissertação Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

DORNELES, P.F.T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. 2010, 367f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

DORNELES, P.F.T., ARAUJO, I.S., VEIT, E.A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 28, n. 4, p. 487 - 496, 2006.

DUTRA, Í. M. et al. Uma base de dados para compartilhamento de experiências no uso de mapas conceituais no acompanhamento de processos de conceituação. **Novas tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2006.

ELLIOTT, John. **A investigação-ação na educação**. Madrid: Morata, 2005.

FERNANDES, Cleudemar Alves. **Análise do discurso: Reflexões introdutórias**. São Carlos: Editora Claraluz, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

GAGNÉ, R. M. **Como se realiza a aprendizagem**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974.

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GASPAR, Alberto. **Física: volume único**. São Paulo: Exata, 2005.

GASPAR, A; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONZATTI, Sonia Elisa Marchi (Org). **Temas de ciências exatas para os anos iniciais do Ensino Fundamental**. Lajeado: Ed. da Univates, 2013.

GUTIERREZ, Suzana de Souza. Distribuição de conteúdos e aprendizagem *on-line*. **Revista Novas Tecnologias na Educação – RENOTE**, v. 2, p. 1-14, 2004.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física 2: Gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. **Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no ensino de física por parte de professores do ensino médio**. 2011, 135f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, dez. 2006.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência**: o futuro do pensamento na era da informática. Tradução de Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Original, 2008.

MARTINS, Gilberto Andrade. **Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil**. RCO – Revista de Contabilidade e Organizações – FEARP/USP, v. 2, n. 2, p. 8 - 18 jan./abr. 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rco/article/viewFile/34702/37440>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física, volume 2**. 5ª ed, São Paulo: Scipione, 2000.

MEDEIROS A. e MEDEIROS C. F., Possibilidades e Limitações das simulações Computacionais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 24 (2), 2002.

MORAN, J. M.; BEHRENS, M. A.; MASETTO, M. T. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 7. ed. Campinas: Papirus, 2003.

MOREIRA, Marco Antônio. **Uma abordagem Cognitiva ao Ensino de Física: A teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências**. Porto Alegre: UFRGS, 1983.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre, Ed. Do autor, 2005.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 5., Madrid. **Anais...** Madri, 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasica/visaocritica.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011a.

MOREIRA, Marco Antônio. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011b.

MOREIRA, Marco Antônio. **Al final, que és aprendizagem significativo?** *Qurrriculum (La Laguna)*, v. 25, p. 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. e BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, Coleção Aula Prática, 1993.

MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias Construtivistas**. Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 10. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MORO, Fernanda T.; NEIDE, Italo G. e VETTORI, M. Atividades experimentais e simulações computacionais: alicerces dos processos de ensino e de aprendizagem da física no ensino médio. In: **Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Uberlândia, Minas Gerais, 2015.

MORO, Fernanda T.; NEIDE, Italo G. e REHFELDT, Marcia J. H. Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de propagação do calor no Ensino Médio. In: **Anais da VIII Mostra do Mestrado em Ensino de Ciências Exatas**, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2015a.

MORO, Fernanda T.; NEIDE, Italo G. e REHFELDT, Marcia J. H. Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio. In: **Atas do VI Encontro Estadual de Ensino de Física**. Porto Alegre: UFRGS, 2015b.

MOYSÉS, Lucia. **Aplicações de Vigotsky à educação matemática**. São Paulo: Papyrus, 1997.

NASCIMENTO, João K. F. do. **Informática aplicada à educação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

ORLANDI, Eni Pulcinelli. **Análise de Discurso: princípios e procedimentos**. Campinas, Pontes, 1999.

PAPERT, S. **Logo: computadores e educação**. Editora Brasiliense, 1988.

PENA, Fábio Luís Alves; FILHO, Aurino Ribeiro. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. V. 9, n. 1, 2009.

PIAGET, J. **Fazer e compreender**. São Paulo: EDUSP/ Melhoramentos, 1978.

PINHO ALVES, J. Fo. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 302 f. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

PRESTES, Maria Luci de Mesquita. **A pesquisa e a construção do conhecimento científico: do planejamento aos textos, da escola à academia**. 2. ed. São Paulo: Rêspel, 2003.

REHFELDT, M.J.H. **A aplicação de modelos matemáticos em situações-problema empresariais com o uso do software LINDO**. 2009, 299 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RONEN, M.; Eliahu, E. Simulation – a bridge between theory and reality: the case of electric circuits. **Journal of Computer Assisted Learning**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 14-26, Mar. 2000.

ROSA, C.W. Concepções metodológicas no laboratório didático de física na Universidade de Passo Fundo. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 2, p. 13-27, out. 2003.

ROTH, W. M.; LAWLESS, D. Science, Culture, and Emergence of Language. **Science & Education**, v. 86, n. 3, p. 368 – 385, 2002.

SANTOS, J. N. S.; SILVA, R. T. **Animação interativa como organizador prévio**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. Atas do Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba: CEFET-PR, 2003. p. 2333-2342. 1 CD-ROM.

SCHEFFER, N.F. **Sensores, Informática e o Corpo: a noção de movimento no ensino fundamental**. 2001. 242f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Rio Claro, 2001.

SÉRÉ, G.; COELHO. S. M.; NUNES. A. D. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 31-43, abr, 2003.

SIAS, D.B. **Aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na física térmica do ensino médio**. 2006, 199f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SILVA, L. F. da. **Uma experiência didática de inserção do microcomputador como instrumento de medida do laboratório de Física no ensino médio**. 2005, 144 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SILVA, O. H.; LABURÚ, C. E.; NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, 2008.

SPINELLI, Walter. **Aprendizagem matemática em contextos significativos: objetos virtuais e percursos temáticos**. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. **Atividades experimentais investigativas: habilidades cognitivas manifestadas por alunos do Ensino Médio**. Em: Encontro Nacional de Ensino de Química, Curitiba, 2008. *Resumos...* Curitiba, 2008.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 72-85, 2007. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

TEODORO, V. D.; VEIT, E. A.; **Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Revista Brasileira do Ensino de Física, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 86 – 96, Jun. 2002.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA Gene. **Física para cientistas e engenheiros**. Volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.17, n.3: p.360-369, 2000.

VALENTE, J. A. **Organizador, computadores e conhecimento- repensando a educação**. 2ª ed. São Paulo: Unicamp/ NIED, 1999.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na Educação. In: **Computadores e Conhecimento: repensando a educação**. São Paulo: Gráfica Central da Unicamp, 2008.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. **Modelagem computacional no ensino de Física**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 16., 2005. Rio de Janeiro.

VEIT, E.A.; ARAUJO, I.S.; MOREIRA, M.A. Uma revisão da literatura estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** 4 , 5-18, 2004.

VIEIRA, R. P. **Interação: análise em programas de Educação à Distância**, 2004, 94f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

YOUNG, H.; FREEDMAN I. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

ZACHARIAS, Z.; ANDERSON, O. R. (2003) The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. **American Journal of Physics**, Melville, v. 71, n. 6, p. 618-629.

WURMAN, R. S. **Ansiedade de informação**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1991.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Concordância da Direção da Instituição de Ensino

A senhora Diretora do Colégio Franciscano São José:

Eu, Fernanda Teresa Moro, aluna regularmente matriculada no Curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas do Centro Universitário UNIVATES de Lajeado, RS, venho solicitar a autorização para coletar dados neste estabelecimento de ensino, para a realização de minha pesquisa de Mestrado, intitulada: “Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de propagação de energia térmica no Ensino Médio” tendo como objetivo geral: Investigar as implicações do uso de simulações vinculadas às atividades experimentais na aprendizagem significativa dos estudantes no tópico transferência de energia térmica, no 2º ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular no município de Erechim/RS.

Afirmo ainda, que as coletas de dados serão realizadas através de observações, filmagens, fotografias e entrevistas aos alunos do 2º ano do Ensino Médio que estudam nesta escola, e que o nome da escola poderá ser utilizado em publicações.

Desde já, agradecemos a disponibilização, visto que a pesquisa contribuirá para a comunidade científica.

Pelo presente termo de concordância declaro que autorizo a realização da pesquisa e o uso de nome do Colégio Franciscano São José em publicações na área da educação.

Data ____ / ____ / ____

Direção da Escola

Fernanda Teresa Moro
Mestranda em Ensino de Ciências Exatas – UNIVATES

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Fui convidado(a) como voluntário(a) a consentir que meu(minha) filho(a) participe da pesquisa: **Atividades Experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no Ensino Médio**, sob a responsabilidade do(a) pesquisador(a) Fernanda Teresa Moro e sob orientação do Professor Doutor Italo Gabriel Neide e coorientação da Professora Doutora Márcia Jussara Hepp Rehfeldt.

Os objetivos deste trabalho são: a) Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes relacionados à transferência de energia térmica (condução, convecção e radiação), bem como suas aplicações em situações do cotidiano; b) Desenvolver o conteúdo de transferência de energia térmica (condução, convecção e radiação) por meio de atividades experimentais e de simulações computacionais durante as aulas de Física no 2º ano do Ensino Médio; c) Investigar se as atividades desenvolvidas são potencialmente significativas para a aprendizagem dos alunos sobre elementos importantes da Termologia (modos de propagação de energia térmica).

Estou ciente de que a partir do conhecimento das simulações e atividades experimentais, os demais professores, poderão utilizá-lo a fim de melhorar a qualidade do ensino de Física nesta Instituição de Ensino (IE).

Serei esclarecido (a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Sou livre para autorizar a participação de meu(minha) filho(a), retirar meu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A participação de meu(minha) filho(a) é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Os pesquisadores irão tratar a identidade de meu(minha) filho(a) com padrões profissionais de sigilo. Serei informado(a) dos resultados da pesquisa caso desejar e os mesmos permanecerão confidenciais. Meu nome e de meu(minha) filho(a), bem como os dados obtidos que indiquem a sua participação não serão divulgados sem minha permissão. Meu(minha) filho(a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. As transcrições gravadas das aulas serão guardadas em local seguro no Centro Universitário UNIVATES, sendo que estes dados serão utilizados somente para esta pesquisa. Uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será arquivada na Univates e outra ficará comigo.

APENDICE C – Questionário Semiestruturado

1. O que você entende por temperatura?

Fonte: O autor, 2014

2. O que você entende por calor?

Fonte: O autor, 2014

3. Como você pode explicar o fato de uma bolsa de água quente esquentar o pé, por exemplo?

Fonte: O autor, 2014

4. Explique os fenômenos que estão ocorrendo em cada situação.

a)



b)



Fonte: MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física, volume 2.** 5ª ed, São Paulo: Scipione, 2000.

5. Uma mesa de madeira e uma de metal são colocadas em uma mesma sala fechada, com temperatura constante. Depois de alguns dias, um estudante entra na sala e coloca uma das mãos na mesa de madeira e a outra na de metal. O estudante, afirma, então, que a mesa de metal está mais fria do que a mesa de madeira, isto é, a uma temperatura menor do que esta. Em relação a esta afirmação, ela está correta? Sim ou Não? Justifique.

Fonte: Vestibular Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2000 – adaptada

6. Qualquer objeto tem massa, por menor que esta seja. Qual a menor porção de massa que pode existir? Do que é formada a matéria? O que diferencia um sólido (barra metálica), um gás (oxigênio) e um líquido (água) em termos microscópicos?

Fonte: O autor, 2014

APENDICE D – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CONDUÇÃO TÉRMICA adaptações de Gaspar (2005)

MATERIAL: Base de madeira, arame de cobre e arame de ferro (mesma espessura), lamparina (ou vela) e fósforo.

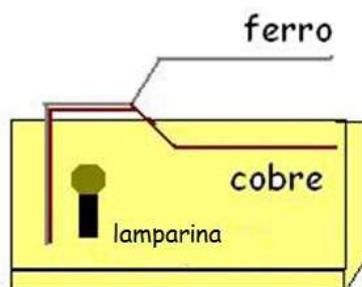
OBJETIVOS:

- Verificar a propagação de calor por condução térmica.
- Observar que materiais diferentes têm diferentes coeficientes de condutibilidade térmica.
- Listar as suas aplicações no cotidiano.

PROCEDIMENTO:

O professor questiona se ferro e cobre são iguais. Que diferença eles possuem?

- a) Montar o equipamento conforme o esquema.



- b) Fixar dois pontos de parafina em cada um dos arames (mesmas distâncias).
c) Acender a lamparina (ou vela).
d) Observar o que aconteceu e responder:

Qual dos pingos derreteu primeiro?

Por que isso aconteceu? A que conclusão você pode chegar?

Se uma das hastes utilizadas para colocar os pingos de cera fosse de madeira, o que aconteceria com estes pingos de cera?

Em quais situações práticas observamos a condução térmica?

APENDICE E – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CONVECÇÃO TÉRMICA adaptações de Gaspar (2005)

MATERIAL: lata vazia de refrigerante, arame de ferro, vela (ou lamparina), fósforo e base de madeira.

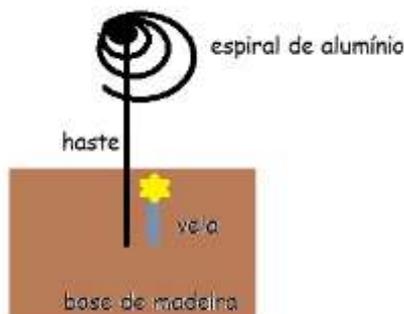
OBJETIVO: Observar a convecção térmica e verificar as suas aplicações no cotidiano.

PROCEDIMENTO:

- 1) Antes de montar o equipamento aproximar as mãos da chama da vela.
Primeiro lateralmente e após na parte superior.
 - a) As mãos colocadas ao lado da chama queimam ou não?

 - b) E as mãos colocadas acima da chama, queimam ou não?

- 2) Montar o equipamento conforme o esquema. Acender a vela e observar a movimentação da hélice. Apagar a vela e observar.



- a) Um objeto com massa de 50 kg que esteja a uma certa altura do solo, quando abandonado, movimenta-se de que forma? Acontece o mesmo com uma porção de ar?
- b) Se você embarcasse em um automóvel que ficou exposto ao sol por muito tempo, com as janelas e portas fechadas, de que forma usaria o ar condicionado do automóvel, a fim de resfriá-lo mais rapidamente*?
- c) Se fizéssemos o experimento da vela com a hélice no espaço, teríamos alterações? Quais?

APÊNDICE F - ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RADIAÇÃO TÉRMICA **adaptações de Gaspar (2005)**

RADIAÇÃO TÉRMICA (parte I)

MATERIAL: uma lâmpada, suporte, fios, tomadas, energia elétrica.

OBJETIVO: Reconhecer a propagação de calor por irradiação.

PROCEDIMENTO:

- Ligue a Lâmpada e em seguida aproxime-a das mãos, sem encostar.
- O que você sente?
- Qual é a explicação para o fato do calor chegar à sua mão sem encostar na lâmpada?

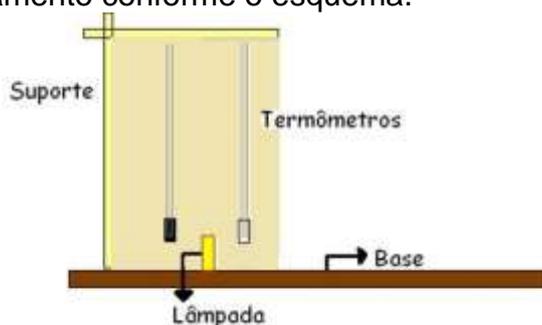
RADIAÇÃO X ABSORÇÃO (parte II)

MATERIAL: Dois termômetros, suporte de madeira, uma fonte de calor (vela, lamparina ou lâmpada) e tinta.

OBJETIVO: Reconhecer a diferença na taxa de absorção de calor por irradiação entre materiais de cores escuras (preto) e claras (branco).

PROCEDIMENTO:

- Montar o equipamento conforme o esquema.



- Manter a lâmpada ligada exatamente à mesma distância dos dois termômetros. Os bulbos dos termômetros devem estar envolvidos por uma cápsula metálica, sendo que em um dos termômetros a cápsula deve ser pintada de branco e no outro, de preto.
- Registre, após certo tempo de exposição à lâmpada, a temperatura nos dois termômetros.

d) Anote na tabela os resultados:

TEMPO	3 minutos	6 minutos	9 minutos
TEMPERATURA (termômetro preto)			
TEMPERATURA (termômetro branco)			

e) Escreva o que você concluiu com a experiência.

f) Desligue a luz e, nos mesmos intervalos de tempo anteriores, observe a temperatura e anote na tabela a seguir.

TEMPO	3 minutos	6 minutos	9 minutos
TEMPERATURA (termômetro preto)			
TEMPERATURA (termômetro branco)			

g) Escreva a sua conclusão final e cite exemplos de irradiação no dia a dia.

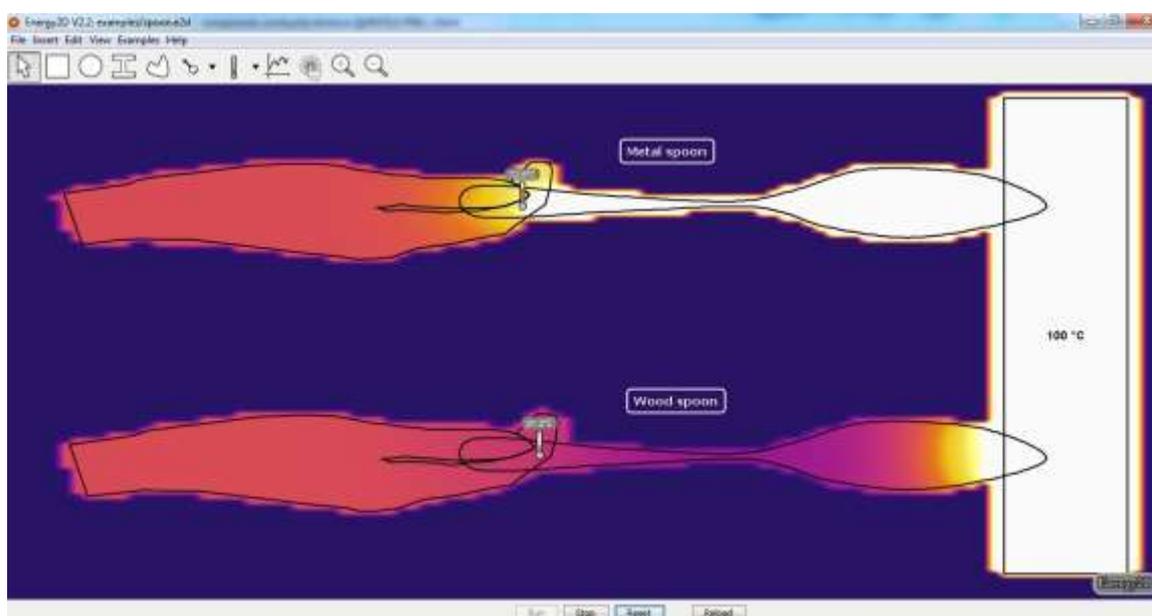
APÊNDICE G – Simulação computacional no *Energy2D* - CONDUÇÃO

SIMULAÇÃO: Condução térmica: colher de madeira versus de metal

Objetivo: Verificar a condutibilidade térmica em matérias isolantes e condutores, comparando com o observado na atividade experimental.

Procedimento: O estudante usará a simulação, conforme Figura 64.

Figura 64 – Propagação de calor por condução.



Fonte: Energy2D.

Análise e discussões:

- Considere a colher de metal. Existe diferença de temperatura nas suas extremidades? Explique.
- Compare a colher de metal com a de madeira. Observa-se que ao longo das colheres a variação da temperatura é diferente. Qual das colheres tem maior parte de sua extensão com temperaturas mais altas? Explique.
- Por que a condução no metal atinge temperaturas mais elevadas quando comparada à madeira? Sua estrutura molecular é diferente? Explique.
- Onde você observa situações similares no seu cotidiano?
- Na atividade experimental onde usamos um arame de ferro e outro de cobre também foi possível observar a condutividade térmica ser maior no cobre. Explique por que o cobre é melhor condutor quando comparado com o ferro.

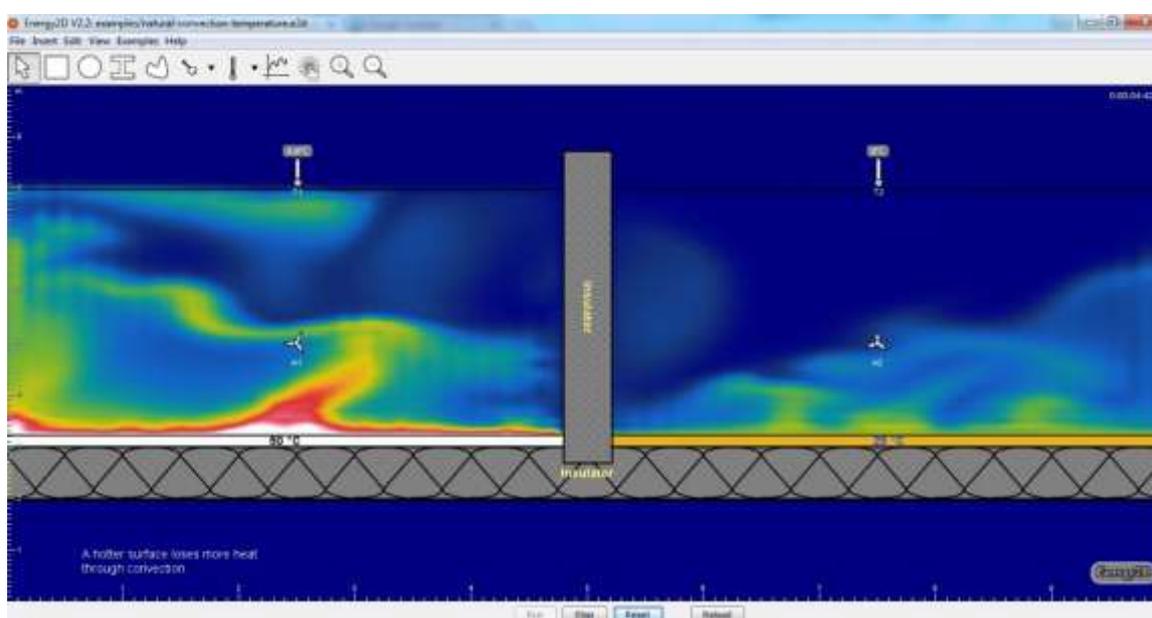
APÊNDICE H – Simulação computacional no *Energy2D* - CONVECÇÃO

SIMULAÇÃO 2: Covecção com diferentes temperaturas

Objetivo: Observar a formação de correntes de convecção através da observação da escala de cores e da movimentação do ar, comparando com as observações feitas na atividade experimental.

Procedimento: O estudante usará a simulação, conforme Figura 65.

Figura 65 – Convecção com diferentes temperaturas



Fonte: Energy2D.

Análise e Discussões:

- Ao colocar uma chaleira de água em uma chama no fogão observa-se que ela aquece até alcançar 100°C e começar o processo de evaporação. Ao observar este processo, depois de algum tempo, nota-se a formação de bolhas que começam no fundo da chaleira e que se dirigem à extremidade superior. Qual é a relação que você pode fazer deste processo com a simulação? Descreva.
- No aquecimento da água em uma chaleira você percebe a presença de mais de um processo de transferência de calor? Explique.
- No espaço, esse experimento da chaleira permaneceria o mesmo? Teria alterações? Quais?

OBS: é importante destacar que o professor tem papel de mediador para que o estudante perceba a evidência de diferentes porções de fluido que vibram para cima.

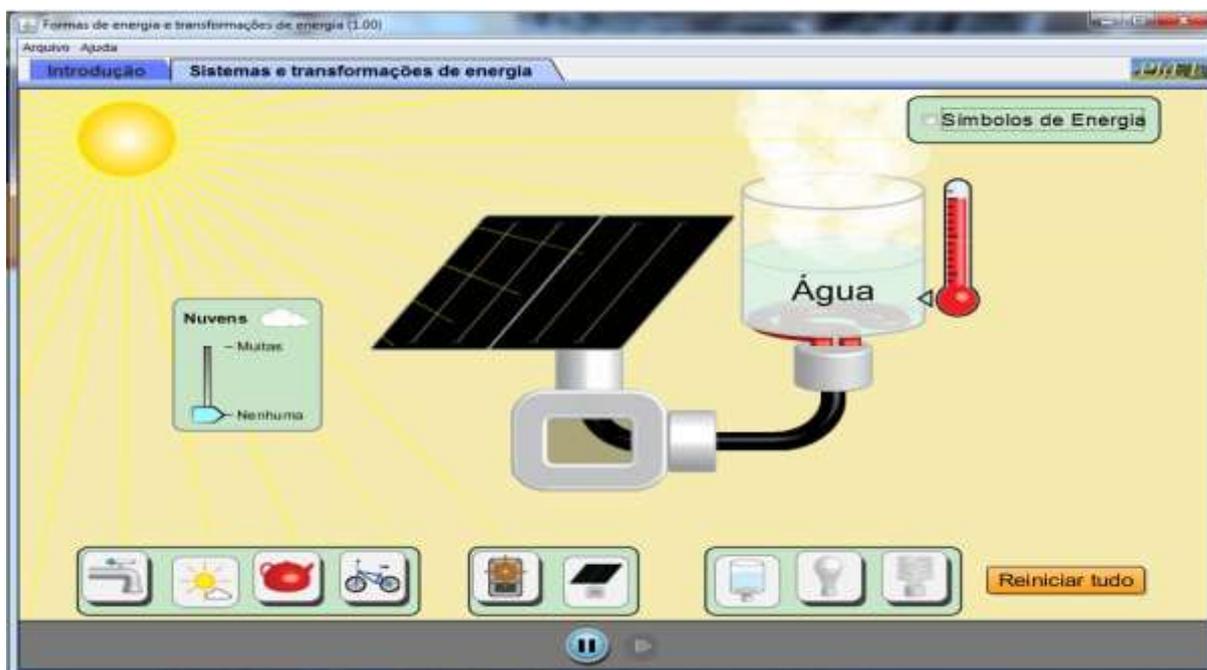
APÊNDICE I - Simulação computacional no PhET Interactive Simulation- RADIAÇÃO

SIMULAÇÃO 3: Radiação térmica

Objetivo: Verificar que efeitos da radiação térmica.

Procedimento: O estudante usará a simulação, conforme Figura 66.

Figura 66 – Radiação térmica.



Fonte: PhET *Interactive Simulations*

Análise e discussões:

- Na atividade experimental você observou a variação de temperatura entre corpos claros e escuros. Se nesta simulação fosse utilizada a placa na cor branca, que alterações teríamos? Explique.
- A radiação é uma onda eletromagnética emitida pelo Sol. Mesmo em dias nublados a radiação solar é emitida para a superfície terrestre, por isso a necessidade de filtro solar até nos dias nublados. Baseado nesse princípio, cite e ilustre outras situações do dia a dia em que a radiação está presente. Justifique.
- Encontre nesta mesma simulação, situações em que estejam presentes as outras formas de propagação do calor estudadas (você pode alterar os objetos e as situações nessa simulação). Explique quais você alterou e justifique.