

Helen Clemes Cardoso

**UM OLHAR PARA A INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES
EXPERIMENTAIS REAIS E VIRTUAIS SEGUNDO A
VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título Mestre em Educação Científica e Tecnológica.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiana Da Silva

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cardoso, Helen Cledes
Um olhar para a integração de atividades
experimentais reais e virtuais segundo a
visualização no ensino de ciências / Helen Cledes
Cardoso ; orientadora, Tatiana Da Silva, 2017.
112 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal
de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e
Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Educação
Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2.
Tecnologias digitais. 3. Atividade experimental
real. 4. Atividade experimental virtual. 5.
Visualização no ensino de ciências. I. Da
Silva, Tatiana. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

“Um olhar para a integração de atividades experimentais reais e virtuais segundo a visualização no ensino de ciências”

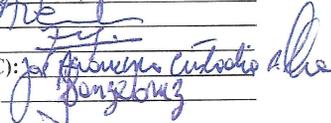
Dissertação submetida ao Colegiado
do Curso de Mestrado em Educação
Científica e Tecnológica em
cumprimento parcial para a obtenção
do título de Mestre em Educação
Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 07 DE MARÇO DE 2017.

Dra. Tatiana da Silva (Orientadora - CFM/UFSC): 

Dra. Eliane Angela Veit (Examinadora - IF/UFRGS): _____

Dr. José de Pinho Alves Filho (Examinador - CFM/UFSC): _____

Dr. José Francisco Custódio Filho (Examinador - CFM/UFSC): 

Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz (Suplente - CFM/UFSC): _____



Prof. Dr. David Antonio da Costa
Subcoordenador do PPGET



Helen Clemes Cardoso
Florianópolis, Santa Catarina, 2017

Dedicado a todos àqueles que doaram
seu tempo e esforço no processo de
minha educação.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de registrar meus agradecimentos ao fomento à pesquisa durante o período desses dois anos, oportunizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Assim como ao Programa de Pós-Graduação de Educação Científica e Tecnológica (PPGECT), e ao seu corpo docente. Em especial a professora Dr^a Tatiana Da Silva, por todas as ótimas indicações de leitura e momentos de crescimento pessoal e profissional. Os conselhos e encorajamentos durante este processo serão sempre lembrados.

Aos membros da banca pelas contribuições à pesquisa. Aos colegas e amigos pelos momentos de discussões teóricas acompanhadas de longos cafés. Aos meus amigos e familiares por todo o apoio e incentivo nesta jornada.

A todos por crerem em mim e nos meus sonhos.

“Mas a física nos assegura que o verde das ervas, o frio da neve e a dureza das pedras não são o mesmo verde, o mesmo frio e a mesma dureza que conhecemos por experiência, mas algo de totalmente diferente. O observador que pretende observar uma pedra, na realidade observa, se quisermos acreditar na física, as impressões das pedras sobre ele próprio”.

(Einstein, 1981)

RESUMO

O ensino de ciências conta com diferentes abordagens pedagógicas, entre elas destacam-se as atividades experimentais, diferenciadas entre a modalidade real (desenvolvida no contexto físico) e virtual (aplicadas por meio de das tecnologias digitais). Desde o início da utilização destas atividades no ensino, questionamentos sobre seus objetivos pedagógicos foram levantados. Nesta direção, pesquisas recentes (no início dos anos 2000), têm por objetivo compreender a relação entre cada modalidade de atividade e resultados de aprendizagem. Nestas pesquisas os grupos são configurados utilizando apenas atividade experimental real (AER) e/ou apenas atividade experimental virtual (AEV) e a integração (AER + AEV). O objetivo destas pesquisas é encontrar, com base em dados comparativos, qual configuração de aplicação (atividades integradas ou isoladas) se destaca entre os resultados. Assim, a presente pesquisa objetivou conhecer este cenário sob a ótica da visualização¹ no ensino de ciências, para buscar compreender as contribuições de cada atividade para o ensino, e os aspectos relacionados aos bons resultados vindos da sua integração. O cenário de publicações foi delimitado a partir de buscas em bases de dados para seleção daquelas que apresentaram no mínimo três grupos experimentais, sendo um grupo com apenas a atividade AER, outro com apenas a AEV em isolado, e o terceiro grupo com a integração de ambas. As atividades experimentais reais e virtuais têm como objetivo modelar conceitos físicos, com base na visualização. Entende-se aqui que estas utilizam diferentes tipos de objetos de visualização (texto, tabelas, diagramas esquemáticos, gráficos, animações, simulações, interatividade) para alcançar este objetivo. Entre as pesquisas selecionadas, os resultados que se mostraram indiferentes quanto à comparação entres os grupos, exploraram os mesmos objetos de visualização por meio da atividade experimental real e virtual. No entanto, nos casos em que os objetos de visualização foram diferentes para cada atividade, a integração se destacou com melhores resultados. Cada modalidade de atividade permite oferecer ao estudante determinados objetos para subsidiar a visualização introspectiva/interpretativa. Assim, a visualização no ensino de ciências

O termo visualização nasce na psicologia cognitiva sendo transposto ao ensino de ciências, e se refere ao processo de visualizar, interpretar e internalizar um objeto de visualização, o conceito será melhor abordado no Capítulo 3.

se apresenta como uma perspectiva interessante e promissora para compreender a relação entre o uso adequado de múltiplos objetos nas atividades propostas e os resultados de aprendizagem, no sentido de que se complementam fornecendo auxílio à visualização.

Palavras-chave: Tecnologias digitais; Atividade experimental real; Atividade experimental virtual; Visualização no ensino de ciências.

ABSTRACT

Science education relies on different pedagogical approaches, among them the experimental activities stand out, differentiated between a real modality (developed in the physical context) and virtual (applied through digital technologies). Since the beginning of the use of this activities in teaching, questions about its pedagogical objectives have been raised. In this direction, recent research (in the early 2000s), aim at understanding the relationship between each modality of activity and the learning outcomes. In these surveys the groups are configured using only real experimental activity (REA) and / or virtual experimental activity (VEA) and integrations (REA+VEA). The purpose of these surveys is to find, based on comparative data, which application configuration (integrated or isolated activities) stands out among the results. Thus, a present research aimed to know this scenario from the perspective of visualization² in teaching of sciences in order to understand the contributions of each activity for teaching, and the aspects related to the good results coming from their integration. The publication scenario was delimited from searches database for selection of those that presented, at least, three experimental groups, one group with REA, another one with VEA in isolated and the third group with an integration of both. The real and virtual experimental activities aim to model physical concepts, based on the visualization, it is understood here that they use different types of visualization objects (text, tables, schematic diagrams, graphs, animations, simulations, interactivity) to achieve this goal. Among the selected researches, the results that are indifferent to the comparison among the groups, explored the same visualization objects through real and virtual experimental activity. However, in cases where display objects are different for each activity, integration stands out with better results. Each mode of activity allowed the student to be offered certain objects to subsidize the introspective / interpretive visualization. Thus, the visualization in science education presents itself as an interesting and promising perspective to understand the relationship between the adequate use of multiple objects in the proposed activities and the learning outcomes, in the sense that they complement each other by providing visualization assistance.

2 The term visualization is born in cognitive psychology being transposed to science teaching, and refers to the process of visualizing, interpreting and internalizing a visualization object, the concept will be better addressed in Chapter 3.

Keywords: Digital technologies; Real experimental activity; Virtual experimental activity; Visualization in science teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação do número de publicações encontradas em cada revista.....	27
Figura 2 - Refinamento das publicações que abordam a experimentação no ensino de ciências.....	28
Figura 3 - Esquema sobre a visualização com base em Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008).....	38
Figura 4- Esquema sobre a visualização com base em Phillips, Norris e Macnab (2010).....	39
Figura 5- Número de publicações encontrados no período de 2001 a 2015.....	50
Figura 6- Diagrama esquemático apresentado na atividade experimental real da publicação A.....	60
Figura 7- Virtual Labs Electrecity.....	61
Figura 8- Atividade experimental real da publicação B.....	64
Figura 9- TermoLab.....	65
Figura 10- Tabela para o registro dos dados.....	71
Figura 11- Starry Night, enfoque na Lua.....	72
Figura 12- Starry Night.....	72
Figura 13- Circuit Construction Kit (CCK) do PhET.....	74
Figura 14- Electricity Analogy-based Simulation Tool (EAST).....	77
Figura 15- Electricity Analogy-based Simulation Tool (EAST).....	77
Figura 16- Modelagem de lançamento oblíquo de um objeto.....	82
Figura 17- Modelagem do lançamento de um foguete.....	83
Figura 18- Modelagem da decolagem de um avião.....	84

Figura 19 - Tabela comparativa de resultados comparativa entre grupos da publicação B.....	107
Figura 20 - Tabela de resultados comparativos entre grupos referente aos conceitos cientificamente aceitos da publicação B.....	107
Figura 21 - Tabela de resultados de ganho percentual entre grupos da publicação C.....	108
Figura 22 - Tabela de resultados comparativos entre grupos da publicação D.....	108
Figura 23 - Tabela de resultados comparativos entre grupos da publicação E.....	108
Figura 24 - Tabela de resultados comparativos entre grupos da publicação F.....	109
Figura 25 - Tabela de resultados comparativos entre grupos da publicação G.....	109
Figura 26 - Tabela de resultados percentuais comparativos entre grupos da publicação G.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Sistematização dos resultados das pesquisas.....	55
Quadro 2- Objetos de visualização nas atividades da publicação A.....	63
Quadro 3- Objetos de visualização nas atividades da publicação B.....	65
Quadro 4- Objetos de visualização nas atividades da publicação C.....	68
Quadro 5- Objetos de visualização nas atividades da publicação D.....	71
Quadro 6- Objetos de visualização nas atividades da publicação E.....	72
Quadro 7- Objetos de visualização nas atividades da publicação F.....	76
Quadro 8- Objetos de visualização nas atividades da publicação G.....	81
Quadro 9- Relação entre resultados comparativos e objetos de visualização presentes nas atividades desenvolvidas nas pesquisas.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AER – Atividade Experimental Real

AEV– Atividade Experimental Virtual

AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem

OV – Objeto de Visualização

SUMÁRIO

1.0 CONTEXTO.....	23
1.1 HIPÓTESES.....	24
1.2 JUSTIFICATIVA.....	24
1.3 OBJETIVOS.....	25
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
2.A ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS: CONCEPÇÕES E DIFICULDADES.....	27
3.VISUALIZAÇÃO, UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	39
4.INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES REAIS E VIRTUAIS: O QUE MOSTRAM AS PESQUISAS ?.....	51
5.A INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REAIS E VIRTUAIS SOB A PERSPECTIVA DA VISUALIZAÇÃO.....	61
6.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
REFERÊNCIAS.....	95
APÊNDICE A – Informações sobre os artigos selecionados e enquadramento nas categorias.....	105
APÊNDICE B – Resultados comparativos das publicações analisadas.....	109

1. O CONTEXTO

No âmbito do ensino de física são recorrentes as discussões relacionadas ao papel que a abstração tem na compreensão dos fenômenos, e a necessidade do desenvolvimento nos estudantes de tal habilidade. Para isso, o professor busca diferentes recursos e metodologias na construção de uma ponte entre o “concreto” e o “abstrato”, de forma a auxiliar os estudantes a “visualizarem” tais fenômenos almejando a aprendizagem dos conceitos físicos subjacentes e o desenvolvimento de uma habilidade de pensar cientificamente.

Do ponto de vista teórico, pesquisas no campo da cognição ganham destaque no auxílio à “visualização”. A “visualização no ensino de ciências” é uma abordagem teórica que tem sua origem na psicologia cognitiva e que foi transposta para o ensino de ciências. Ela vem conquistando espaço quando se considera o papel da criação/utilização de modelos, da importância dos diferentes objetos de visualização utilizados tanto por professores quanto pelos recursos didáticos adotados e da sua apropriação por parte dos estudantes, bem como a forma como transitam de um objeto para outro. Assim, entende-se que o processo de ensino e aprendizagem de ciências deve propiciar o desenvolvimento desta habilidade de visualizar por meio das diferentes atividades e estratégias didáticas adotadas, e as atividades experimentais se mostram como uma destas possibilidades de abordagem.

Debates acerca das atividades experimentais são recorrentes na área de pesquisa em ensino de ciências. No ensino de física, em especial, observa-se uma diversidade de concepções e perspectivas relacionadas às atividades experimentais, realizadas fisicamente (reais) ou por meio das tecnologias digitais (virtuais) (ALVES FILHO, 2000; MEDEIROS e MEDEIROS, 2002; ARAÚJO e ABIB, 2003). Independente da modalidade de atividade, real (saída de campo, prática em bancada, observações) ou virtual (simulação, jogos, AVAs, modelagens computacionais), estas são apresentadas aos estudantes para que eles visualizem os modelos didáticos discutidos em sala. Ambas são entendidas neste trabalho como atividades que utilizam os objetos de visualização para abordar os modelos didáticos.

Pesquisas publicadas no início dos anos 2000, abordam a integração de atividades experimentais reais (AER) e atividades experimentais virtuais (AEV) e afirmam que esta configuração de aplicação revela melhores resultados de aprendizagem quando comparada à utilização isolada de uma ou de outra (TRUNDLE e BELL, 2010; FARROKHNIA e ESMAILPOUR, 2010; ÜNLÜ e DÖKME, 2011). Os resultados apresentados nestas pesquisas se mostram bastante relevantes, no entanto ainda não se compreende porque a integração das atividades AER e AEV se destaca com melhores resultados de aprendizagem, apontando, em alguns casos, a mudança de concepções não científicas para as cientificamente aceitas. Se a integração apresenta melhores resultados que as atividades em contextos separados, isto indica que cada atividade possibilita auxiliar em um determinado aspecto no processo de ensino, e que estes aspectos são diferentes ou precisam ser “reforçados”. Desta maneira, *como a visualização no ensino de ciências pode auxiliar na compreensão de que a integração de atividades experimentais reais e virtuais apresenta resultados de aprendizagem mais promissores?*

1.1 HIPÓTESES

Se considerarmos que aprender ciências está inerentemente relacionado ao desenvolvimento da habilidade de visualizar e de transitar entre diferentes objetos de visualização, as atividades experimentais reais e virtuais usadas de forma integrada possibilitam o desenvolvimento desta habilidade ao fornecer auxílio à visualização, pois “emprestam” aos estudantes estes modos de descrever os fenômenos e conceitos físicos subjacentes. Ou seja, é possível inferir que o uso didático de múltiplos objetos de visualização a partir da integração de atividades reais e virtuais no processo instrucional, dão maiores subsídios para os estudantes construírem esquemas referentes aos modelos didáticos estudados.

1.2 JUSTIFICATIVA

Já é consenso entre os pesquisadores da área de ensino de ciências, que atividades virtuais possibilitam ultrapassar limites relacionados à periculosidade das atividades reais, assim como a escala

de tempo de vários fenômenos e a atingir valores de variáveis que não podem ser alcançados em AER. Estes aspectos podem estar atrelados aos resultados mostrados nas publicações supracitadas. As tecnologias digitais apresentam diferentes ferramentas que proporcionam a construção de outras características, diferentes das atividades reais. Assim a integração de ambas pode auxiliar no desenvolvimento da habilidade de visualização dos estudantes.

A visualização é uma habilidade metacognitiva central no campo científico e, por isso, entende-se como igualmente importante no ensino de ciências, e que precisa ser desenvolvida nos estudantes para que possam transitar entre os diferentes objetos de visualização e modelos utilizados nesta área de ensino (GILBERT, REINER e NAKHLEH, 2008; VAVRA et al, 2011). É necessário dar subsídios aos estudantes para abstração de conceitos e construção de esquemas, para que possam então explorar ao máximo as atividades experimentais desenvolvendo habilidades para criar e apresentar suas próprias hipóteses e explicações com o auxílio dos objetos de visualização.

1.3 OBJETIVOS

Evidenciar como a visualização no ensino de ciências pode respaldar os melhores resultados da integração das atividades experimentais reais e virtuais diante da utilização isolada de cada uma delas.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explicitar quais objetos de visualização são apresentados nas atividades AER e AEV realizadas de forma isolada e integrada.
- Estabelecer uma relação entre os objetos de visualização utilizados nas atividades experimentais e os resultados de aprendizagem.

Assim, para se iniciarem as reflexões que se apresentam nesta pesquisa, o Capítulo 2 aborda as atividades experimentais de modo geral, e discute os objetivos pedagógicos que foram delineados em algumas pesquisas contextualizando concepções e dificuldades relacionadas a estas abordagens didáticas de ensino. O intuito é conhecer algumas perspectivas sobre esta ferramenta pedagógica. O

Capítulo 3 apresenta o conceito de visualização no ensino de ciências, as publicações dos pesquisadores que se destacam atualmente nesta área. Esclarece ainda as ramificações dentro do conceito da visualização. O Capítulo 4 traz o contexto das publicações que integram AER + AEV, oferecendo um panorama sobre esta área de estudo, apontando características e recorrências nas configurações de pesquisa, assim como as etapas de buscas e seleção. Por fim, desenha-se o cenário estudado com base na visualização. O Capítulo 5 apresenta as reflexões (análises e discussões) feitas com base na visualização sobre as publicações selecionadas ao final do Capítulo 4.

Para iniciar as discussões, primeiramente é preciso discutir o papel que a atividade experimental apresenta ao longo do processo histórico da sua implementação no ensino, assim como as perspectivas pedagógicas atuais, apresentadas nas publicações da área.

2. A ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS: CONCEPÇÕES E DIFICULDADES

O ensino de ciências está diretamente ligado ao processo de construir junto ao estudante os modelos didáticos, que tem como objetivo “retratar” contextos e recortes da natureza. Para abordar estes modelos, são utilizadas diversas metodologias de ensino, entre as quais pode-se destacar o uso das atividades experimentais.

O processo histórico de implementação das atividades experimentais na educação está fortemente associado à inovação nos métodos de ensino, sejam estas atividades reais (atividades de bancada, observação, saídas de campo, demonstrações) ou atividades virtuais (simulação, ambiente virtual de aprendizagem, modelagens, jogos). As atividades experimentais reais (AER) foram, entre as décadas de 60 e 70 do século passado, vistas como a solução para as barreiras enfrentadas no ensino de ciências naturais (física, química, biologia). Vindas inicialmente com o intuito de formar ‘pequenos cientistas’, estas atividades objetivavam ensinar o ‘método científico’ adotado por pesquisadores em seus laboratórios de ciência ‘pura’ com a finalidade de construir novos conhecimentos.

No entanto, esse enfoque não se mostrou bem-sucedido na superação das dificuldades de ensino, apesar de atualmente ainda ser bastante utilizado. Por esse motivo, ainda há muitas lacunas na sua utilização e em relação aos objetivos que estas atividades desempenham no processo de ensino e aprendizagem. Há uma manutenção da perspectiva epistemológica empírico-indutivista, na qual a atividade experimental é a concretização e validação da teoria discutida em sala, e desse modo os estudantes conseguirão compreender, por meio da observação, os conceitos causais dos fenômenos ([Coquidé, 2008](#)). Nesta concepção acredita-se que o acúmulo de observações levará o estudante a formulação de explicações para o que ele enxerga ao realizar a atividade experimental.

Alves Filho aponta que

“As atividades do laboratório didático nas diferentes propostas davam preferência a comprovações, validações ou verificações de leis

ou princípios e com isso valorizavam a concepção empirista da ciência. Isso evidencia que o laboratório didático tem como objetivo o ensino do método experimental” (2000, p. 180-181).

A prevalência desta concepção a respeito da atividade experimental está associada, em muitos casos, à formação inadequada do professor de ciências. Galiuzzi et al (2001) afirmam que

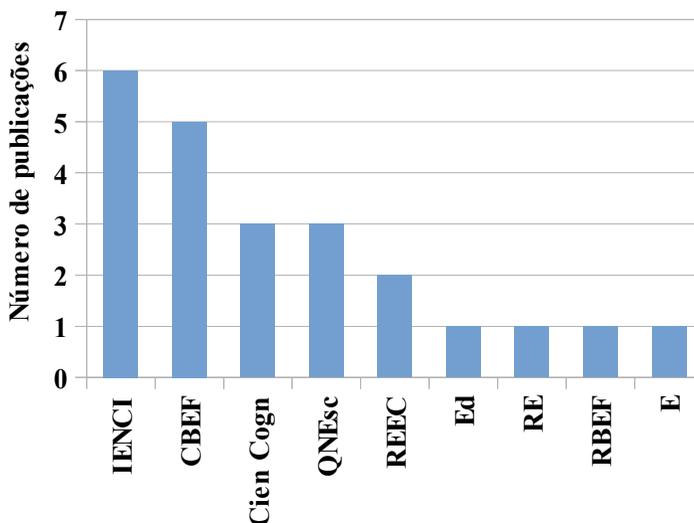
“Em síntese, a história do ensino experimental nas escolas pretendeu ser uma inovação, mas em algumas propostas ainda estavam presentes princípios empiristas, que podem ter sido aprendidos de forma ambiental pelos professores de Ciências e que contribuem para a manutenção da crença irrefletida sobre a importância do ensino experimental” (p. 254).

Pena e Ribeiro Filho, ao realizarem uma pesquisa sobre as barreiras para o uso da experimentação no ensino de Física no período de 1971 a 2006, concluem que há uma “[...] carência de pesquisa sobre o que os alunos realmente aprendem por meio de experimentos” e reforçam o “despreparo do professor para trabalhar com atividades experimentais e condições de trabalho”(2009, p. 1) como empecilhos no uso destas atividades.

Diante deste cenário, um levantamento bibliográfico foi realizado para se compreender as concepções e dificuldades mostradas em pesquisas sobre a AER no ensino de ciências. As buscas foram realizadas no Portal CAPES e Google Acadêmico durante o segundo semestre de 2015 (setembro), utilizando as palavras-chave: “*Experimentação*”, “*Experimento*” e “*Atividade Experimental*”, associadas sempre a “+ *Ensino de Ciências*”, enquadrando-se na área de conhecimento na qual a presente pesquisa foi desenvolvida. Para a busca e a seleção dos trabalhos não se definiu recorte temporal, as pesquisas selecionadas estão compreendidas entre os anos de 1993 e 2012. As revistas que se destacaram foram: *Investigações em Ensino de Ciências*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física e Ciências & Cognition*,

em ordem decrescente de números de publicações selecionadas. A distribuição de artigos por periódico é apresentada na figura 1.

Figura 1 - Relação do número de publicações encontradas em cada revista.



Fonte: Elaborada pela autora.

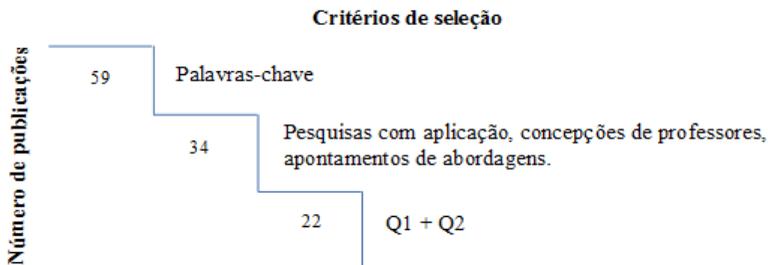
Legenda: **IENCI** Investigações em Ensino de Ciências; **CBEF**³ Caderno Brasileiro de Ensino de Física; **Cien. Cogn.** Ciências & Cognição; **QNEsc** Química Nova na Escola; **REEC** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias; **Ed** Educar; **RE** Revista Ensaio; **RBEF** Revista Brasileira de Ensino de Física; **E** Evento.

Primeiramente, foi feita uma leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, selecionando pesquisas que apresentavam discussões

O Caderno Catarinense de Ensino de Física, em 2002, mudou seu nome para Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Sendo assim, os artigos encontrados antes do período de mudança também foram enquadrados no grupo de artigos encontrado no periódico de nome atual.

sobre o papel da experimentação no ensino de ciências, situações de aplicação, concepções de professores e apontamentos de possíveis abordagens e enfoques. Na segunda etapa, dois questionamentos guiaram a seleção realizada a partir da leitura das publicações na íntegra: “*Quais as metodologias de experimentação apresentadas nas pesquisas?*” (Q1) e “*Quais os problemas apontados em pesquisas para não utilização da experimentação no ensino de ciências?*” (Q2). A figura 2 apresenta este processo de seleção das publicações presentes na figura 1. Na diagonal vemos o número de publicações selecionadas em cada etapa, e na horizontal os critérios utilizados.

Figura 2 - Refinamento das publicações que abordam a experimentação no ensino de ciências.



Fonte: Elaborada pela autora.

Com a finalidade de sistematizar as respostas a cada uma das perguntas, fez-se uma categorização dos trabalhos selecionados de acordo com cada uma das questões. Com relação à primeira questão foram criadas quatro categorias (Linguagem; Experimentação Investigativa; Demonstração Experimental; Propostas de Abordagem (ns)), tratando das particularidades das metodologias desenvolvidas e aplicadas, ou pesquisas que levantam apenas abordagens a partir de discussões teóricas. Para a segunda pergunta, duas categorias foram definidas (Concepção dos professores; Materiais) discutindo dificuldades que estão presentes para a não utilização das atividades experimentais reais no contexto de ensino (para mais detalhes do

enquadramento das pesquisas nas respectivas categorias vide APÊNDICE A).

A classificação das publicações foi feita de maneira excludente, assim estão inseridas em apenas uma das seis categorias, considerando o objetivo da pesquisa como critério de enquadramento. As categorias a seguir estão relacionadas com a primeira questão norteadora (Q1) definida na última etapa de seleção das pesquisas.

Na categoria *Linguagem* (VILLANI e NASCIMENTO, 2003; ZANON e FREITAS, 2007) as duas publicações estão voltadas para a concepção das interações discursivas estabelecidas no contexto de utilização da AER, como possibilidade de desenvolver a argumentação se utilizando do momento de interação dialógica entre estudante/estudante e estudante/professor. Assim, nestas pesquisas, são procurados indicativos de que os estudantes, por meio das suas falas, estão desenvolvendo a habilidade de argumentação ao discutirem os resultados da AER em grupo.

Porém, ao se pensar nesta perspectiva é preciso reconhecer que o desenvolvimento da argumentação não acontece apenas pela exposição a condições que exigem um posicionamento do estudante no momento de debate. É necessário também conhecimento científico sobre o que está sendo debatido, os conceitos envolvidos e as relações entres estes conceitos, para que o estudante seja capaz de embasar e formular seus argumentos. Nas publicações supracitadas, a realização da atividade não reflete sobre esta condição, e o modo de aplicação reforçam os moldes já estabelecidos no ensino, com procedimentos convencionados, sem se pensar nos objetivos de ensino relacionados às etapas de construção do conhecimento, ou no próprio processo de construção da argumentação.

Na busca por reconsiderar o papel do estudante na realização da AER, e colocá-lo no centro do processo, é pensada a *Experimentação Investigativa* (MATOS e VALADARES, 2001; BEVILACQUA e COUTINHO-SILVA, 2007; ROSA, ROSA e PECATTI, 2007; JÚNIOR, FERREIRA e HARTWIG, 2008; GUIMARÃES, 2009; STUART e MARCONDES, 2009; ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Zômpero e Laburú (2011) apresentam o processo histórico de construção da experimentação investigativa, que se mostra bastante recorrente nas

pesquisas da área de ensino de ciências. Este outro pensamento sobre a atividade experimental possui base na linha construtivista e de acordo com orientações teórico-metodológicas podem também ser denominadas por outras nomenclaturas, como por exemplo, “[...] ensino por descoberta; aprendizagem por projetos; questionamentos; resolução de problemas, dentre outras (Ibid, p. 68)”.

Júnior, Ferreira e Hartwig apontam que na experimentação investigativa a atividade experimental

“[...] é empregada anteriormente à discussão conceitual e visa obter informações que subsidiem a discussão, a reflexão, as ponderações e as explicações, de forma que o aluno compreenda não só os conceitos, mas a diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência”. (2008, p. 34).

Nesta proposta metodológica, o papel do professor é conduzir e mediar as atividades experimentais reais, e reconduzir quando necessário. As atividades investigativas estão voltadas para a concepção da aprendizagem construída por imersão, ou seja, os estudantes são indivíduos ativos capazes de compreender as atividades quando estão envolvidos diretamente com o processo de execução e participam do momento de discussão ativamente.

Há uma inversão na ordem de implementação da atividade, não sendo mais apresentada na perspectiva de validação posterior e sim como ponto de partida para as discussões teóricas. O foco é o momento de discussão para estabelecer relações conceituais entre prática e teoria. Porém, não são discutidos os aspectos que auxiliam na construção do conhecimento ou etapas deste processo. Ainda resta uma lacuna com relação aos momentos durante a atividade que favorecem o desenvolvimento de cada objeto de visualização contida no modelo didático (MC) que está sendo abordado.

O objetivo ainda é estabelecer relações entre a prática e a teoria por meio de questões técnicas de procedimento, montagem e manuseio, ou seja, métodos em geral. Não se pensa em maneiras de estabelecer relações entre o concreto e a abstração do modelo didático. O momento

da prática não é encarado como uma forma de construir esta ligação entre o concreto e a abstração, do modelo que se pretende ensinar, ou seja, de exploração do fenômeno, análise e interpretação das observações feitas direcionando o foco do laboratório para um enfoque que se aproxime mais da forma como se produz conhecimento e, conseqüentemente, da forma de se fazer ciência (BORGES, 2002).

Este enfoque não é presente apenas no ensino básico, é também a abordagem amplamente adotada nos laboratórios didáticos do ensino superior, inclusive na formação inicial de professores, ancorada nos fechados roteiros experimentais. A significação dos objetivos das atividades experimentais não é um questionamento isolado do professor, em muitos casos o estudante também não é capaz de perceber estes objetivos. Em contextos de atividades de grupos ainda ocorrem configurações em que as tarefas são fragmentadas, cada estudante é responsável por executar uma etapa, havendo apenas uma preocupação com procedimentos e solução dos questionamentos estabelecidos no roteiro.

Outra categoria é a *Demonstração Experimental* que contou com apenas uma publicação (GASPAR e MONTEIRO, 2005). Gaspar e Monteiro apud. Ferreira (1978) salientam que a demonstração pode ser chamada de experiência de cátedra e tem por objetivo: “ilustrar e ajudar a compreensão das matérias desenvolvidas nos cursos teóricos; tornar o conteúdo interessante e agradável; desenvolver a capacidade de observação e reflexão dos alunos” (p. 2). Percebe-se a manutenção da percepção de validação e verificação teórica por meio da AER, diferenciando apenas no modo de realização da atividade, que passa a ser responsabilidade do professor e não dos estudantes. Há ainda a reprodução do aspecto motivacional, que pode não se fazer presente nos estudantes em situações na qual as atividades experimentais sejam realizadas com grande frequência, ou seja, a atividade passa a ser corriqueira e não mais algo diferente que desperta o interesse do estudante. Apesar da afirmação, na citação acima, relacionada ao desenvolvimento da habilidade de reflexão por parte do estudante, a atividade em si não apresenta subsídios para que tal situação ocorra. Ainda há a predominância da visão de validação por meio da observação.

A última categoria relacionada à primeira questão norteadora *Propostas de abordagem(ns)* (ALVES FILHO, 2000; BORGES, 2002; ARAÚJO e ABIB, 2003; SÉRÉ, COELHO e NUNES, 2003; MARSULO e SILVA, 2005) apresenta as publicações que abordam a diversidade de concepções e perspectivas relacionadas às atividades experimentais reais, apresentando discussões teóricas e/ou proposições de utilização.

Araújo e Abib (2003) destacam abordagens com base em uma revisão bibliográfica feita no período de 1992 a 2001, no Caderno Catarinense de Ensino de Física – atual Caderno Brasileiro de Ensino de Física –, e na Revista Brasileira de Ensino de Física. As publicações foram selecionadas de acordo com o seu foco metodológico, dentre as citadas pelos autores estão presentes as atividades de demonstração e de investigação.

Séré, Coelho e Nunes (2003) sugerem diferentes abordagens de experimentos que tenham como foco a lei de Snell-Descartes. Em um primeiro momento os autores destacam a relevância de se explorar “[...] aspectos conceituais e procedurais na atividade experimental que reflitam a atividade científica. (p.30)”, o que pode remeter às ideias que embasavam os objetivos iniciais do uso das atividades experimentais reais. No entanto, os autores afirmam que “concebe-se a experimentação como uma forma de favorecer o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas” (p.30), neste segundo trecho, a concepção de abordar as linguagens simbólicas indica a preocupação em como estabelecer a relação entre o concreto e o teórico pensando em maneiras de promover a abstração.

Com relação à segunda questão (Q2) a categoria *Concepção dos professores* (LABURÚ, 2005; LABURÚ, BARROS e KANBACH, 2007; RAMOS e ROSA, 2008; THOMAZ, 2000; REGINALDO, SHEID e GÜLLICH, 2012) contou com publicações que procuraram mapear os fatores que interferem na utilização ou não das atividades experimentais reais como objeto de ensino com base na fala de professores, o que possibilitou inferir algumas dificuldades que circundam as realidades de ensino.

Entre as pesquisas citadas, no contexto educacional, prevalece a não utilização da atividade experimental. Os motivos apontados pelos participantes da pesquisa, em um panorama, estão pautadas em questões recorrentes como: falhas na formação inicial na abordagem de como implementar esta prática em suas aulas; falta de equipamentos e espaço adequado para realização; tempo escasso para o desenvolvimento; falta de apoio externo para incentivo a estas atividades, ou seja, não há um espaço no planejamento escolar, ou valorização destas atividades. No entanto, em contextos no qual sua utilização ocorre, Laburú (2005) buscou saber quais os motivos que levavam os seus sujeitos de pesquisa⁴ a selecionar determinada atividade. Como resposta obteve materiais de baixo custo e de fácil acesso. Neste caso, o critério de escolha está relacionado ao material e não a questões específicas da própria atividade como os objetivos de ensino em si.

Com relação a *Materiais* (MOREIRA e OSTERMANN, 1993; GIOPPO, SCHEFFER e NEVES, 1998) discute-se que estes podem influenciar negativamente no modo de utilização das atividades experimentais reais. Moreira e Ostermann (1993) analisaram livros didáticos e afirmam que estes reforçam a postura epistemológica empírico indutivista relacionada as AER. Esta questão se torna uma barreira no ensino, considerando que os livros possuem grande poder de circulação e disseminação de práticas, sendo a principal fonte bibliográfica para a preparação das aulas. Fato que acarreta na manutenção da concepção histórica de inserção das atividades experimentais reais no ensino de ciências.

Gioppo, Scheffer e Neves (1998) discutem a dependência que há em relação aos *kits* experimentais como produto indispensável, e que acabam por conferir às escolas uma imagem conceituada perante os pais. Os autores destacam ainda que “é com esse imaginário que trabalham as empresas que vendem os estojos, pois eles teriam ‘o poder’ de trazer, do nada, a qualidade almejada” para o ensino (p. 46). A pesquisa realizada pelos autores é de cunho teórico, com objetivo de salientar o papel ideológico da necessidade da existência do laboratório para a realização das atividades experimentais, fortemente relacionado à concepção de implementação histórica.

4 Licenciandos de final de cursos de Universidade Estadual de Londrina.

Em uma visão geral é possível apontar, com base na revisão bibliográfica, que com relação à primeira questão norteadora, “*Quais as metodologias de experimentação apresentadas nas pesquisas?*”, a metodologia de atividade experimental real que se destaca é a *experimentação investigativa*, devido ao grande número de publicações encontradas que abordam este enfoque, em comparação às demais categorias. Nesta abordagem o estudante participa de modo ativo e é o centro do processo de ensino e aprendizagem. Em relação à segunda questão norteadora, “*Quais os problemas apontados em pesquisas para não utilização da experimentação no ensino de ciências?*”, com base nas publicações da categoria *concepções dos professores*, o cenário que prepondera é da não utilização das AER devido aos motivos que já são consenso na área de pesquisa em ensino de ciência, como: questões técnicas, falta de incentivo por parte da escola, falta de tempo para implementação. Estes apontamentos foram identificados na própria fala dos professores.

Nas décadas de 80 e 90 do século passado foram então inseridas no ensino de ciências as atividades experimentais virtuais, principalmente devido a difusão dos computadores pessoais e o acesso à internet (GIORDAN, 2005). No entanto, estas atividades também apresentam barreiras quanto à sua utilização, como a falta de equipamento e formação técnica dos professores. A principal dificuldade com relação ao desenvolvimento da AEV, está associada as limitações presentes na própria atividade, a qual os professores devem estar atentos (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002), como por exemplo, o campo de validade teórica no qual a atividade se embasa. Este aspecto é de fundamental importância, tendo em vista que em muitos casos a AEV se torna um recurso utilizado para ultrapassar os limites da AER, e os limites de validade teórica do modelo são esquecidos.

Araujo e Veit afirmam, a partir de sua pesquisa de revisão sobre a área de aplicação das atividades experimentais virtuais no ensino de física, que

“[...] os trabalhos estão concentrados maciçamente em tópicos relacionados à Mecânica Newtoniana, abordada majoritariamente por meio da modelagem e simulação computacional,

enquanto é baixa a escolha de tópicos relacionados à Ótica e à Física Moderna como temas de investigação/suporte”. (ARAUJO e VEIT, 2004)

É preciso ainda ampliar as pesquisas científicas relacionadas ao uso das tecnologias digitais no ensino, principalmente com bases teóricas e metodológicas bem estabelecidas, para resultados mais concretos sobre a relação entre o uso das tecnologias e os objetivos de ensino (ARAUJO e VEIT, 2004; TONIATO, FERREIRA e FERRACIOLI 2006; PAZ, 2007). Rosa, através de sua pesquisa de revisão, afirma que a conclusão é de que

“[...] não existem ainda evidências suficientes para afirmar, categoricamente, a vantagem ou a desvantagem do uso de computadores no ensino de Física” (1995).

Contudo, a principal barreira na implementação das atividades experimentais, sejam elas reais ou virtuais, está associada à dificuldade de estabelecer a relação entre o que é apresentado e o que se pretende ensinar, os objetivos pelos quais são desenvolvidas as atividades. A utilização das atividades experimentais, reais e virtuais, não está associada à construção do conhecimento como ferramenta que auxilie neste processo. Não é estabelecido junto ao estudante o que se pretende abordar com cada aspecto apresentado, ou seja, não se pensa no que o estudante será capaz de perceber através de cada componente da atividade. Há ainda a falta de atenção direcionada a desenvolver a habilidade da percepção e visualização (introspectiva e interpretativa) nos estudantes, para que possam compreender o modelo didático apresentado por meio da experimentação, o que se torna uma subutilização das atividades experimentais. Este cenário pode se mostrar recorrente devido à falta de um norteador capaz de guiar o desenvolvimento das atividades experimentais.

Um caminho interessante é pensar na inserção destas atividades com base nas ideias estabelecidas na psicologia cognitiva, que apontam fatores que devemos considerar no decorrer do processo de ensino, e que podem auxiliar na transposição de barreiras presentes na utilização de

atividades experimentais. Neste contexto o processo de aprendizagem é guiado de acordo com a capacidade e habilidade de processamento de informações – visuais ou verbais –, que o estudante possui.

Este processamento de informação está ligado diretamente às habilidades cognitivas dos estudantes, que estão relacionadas aos objetos de visualização adotados/usados no ensino. Tomemos como exemplo a matemática: para que se compreenda a informação é preciso primeiramente entender os símbolos e significados desta linguagem. Assim, a habilidade de compreender diferentes objetos de visualização deve ser pensada durante o processo de ensino, para que esta seja desenvolvida.

Ensinar ciências pressupõe envolver o estudante num processo que lança mão de diferentes recursos de auxílio à compreensão de fenômenos e conceitos abstratos, que requerem o entendimento das diferentes linguagens utilizadas para a descrição dos mesmos. Muitas vezes, o uso de atividades experimentais é pensado para que os alunos consigam desenvolver a capacidade de abstração, modelização, argumentação, análise dos dados e/ou discussão dos resultados. Porém, é uma técnica pouco bem sucedida nestes objetivos de aprendizagem, pois raramente os estudantes possuem a habilidade de lidar com os diferentes objetos de visualização envolvidos no modelo didático.

Nesta perspectiva, é preciso utilizar diferentes formas de estruturar e conduzir estas atividades como, por exemplo, proposto em Borges (2002) e/ou em abordagens teóricas sobre a construção do conhecimento relacionada ao processo de percepção dos modelos didáticos. Assim, o capítulo a seguir (Capítulo 3) apresenta o conceito de visualização, nascido na psicologia cognitiva e que está ganhando cada vez mais espaço na área do ensino de ciências, que tem como foco de estudo a questão dos diferentes objetos de visualização oferecidos aos estudantes por meio de diferentes atividades.

3. VISUALIZAÇÃO, UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Uma compreensão diferente relacionada ao processo de percepção de experiências visuais tem trazido outros direcionamentos dentro das pesquisas em ensino de ciências. O foco está na significação de conceitos e objetos, o que exige dos estudantes a habilidade de visualizar, não apenas no sentido da ação de enxergar, mas de compreender e interpretar o que observam. O termo “visualização” surgiu na ciência cognitiva e cada vez mais está sendo adotado pelas demais áreas do conhecimento, como por exemplo, no ensino de ciências.

As pesquisas de visualização no ensino de ciências apontam um caminho para estabelecer uma relação entre o mundo externo e interno, no processo de formação dos esquemas mentais elaborados no decorrer do processo de ensino e aprendizagem dos modelos didáticos. As relações de formação de imagem, objetos ou representações externas e internas, e a significação destes, são estudadas por diferentes autores. Dois grupos de pesquisadores se destacam ao abordar o conceito aplicado ao ensino de ciências.

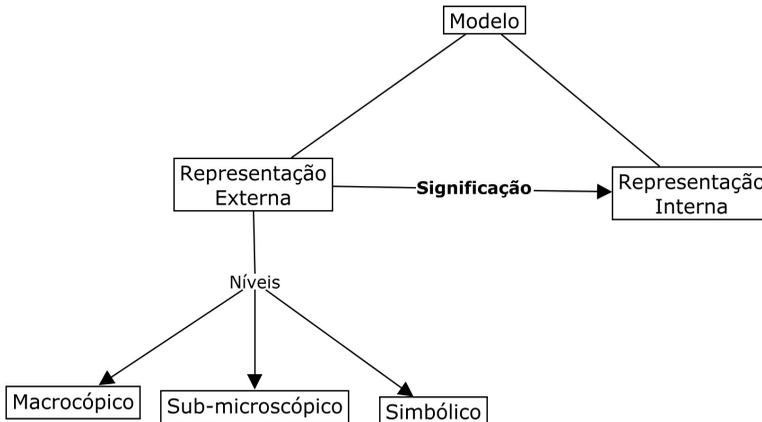
Ambos os grupos iniciam suas discussões fazendo a distinção entre duas concepções de visualização, sendo uma como verbo, que se refere à ação de visualizar e imaginar um objeto ou uma imagem. E a outra perspectiva, é compreendida como um substantivo, a visualização é o que está instituído como compreensão de domínio público, ou seja, o objeto ou imagem em si.

Jonh K. Gilbert em parceria com Miriam Reiner e Mary Nakhleh, em 2008, lança o livro *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Gilbert já havia publicado, em 2005, outro livro intitulado *Visualization in Science Education*, sem colaboradores. Os dois são coletâneas que reúnem pesquisas de diferentes autores referentes a distintos contextos e atividades, embasados no conceito aqui discutido.

Para Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008) a visualização está focada em expressar um modelo através de “representações externas – essas versões fisicamente disponíveis para os outros – e representações

internas, versões disponíveis mentalmente para uma pessoa individualmente” (p. 3). As representações externas podem ser apresentadas em três diferentes níveis sendo: macroscópico (fenômenos naturais, como por exemplo, folhas de árvore); sub-microscópico (moléculas, íons); simbólico (equações). A figura 3 apresenta um esquema da visão geral da autora deste trabalho sobre as ideias de Gilbert, Reiner e Nakhleh.

Figura 3 - Esquema sobre a visualização com base em Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008).



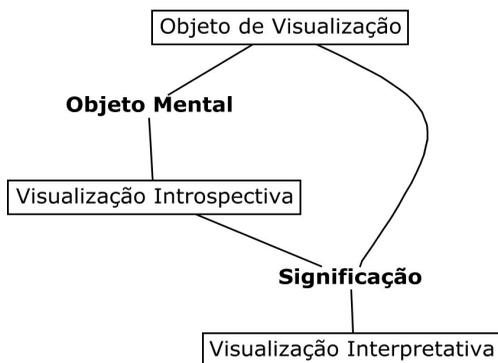
Fonte: Elaborada pela autora.

Assim, a representação interna é construída com base em uma representação externa, e terá um significado para o indivíduo que a elabora mentalmente.

Para Vavra et al. (2011) o conceito de visualização pode ser compreendido a partir de três ramificações fundamentais, sendo: objetos de visualização (modelos tri e bidimensionais, imagens, diagramas, esquemas); visualização introspectiva (objetos mentais) e visualização interpretativa (dar significado a objetos de visualização ou visualizações introspectivas). Estes termos e conceitos foram explicitados no livro *Visualization in Mathematics, in Reading and Science Education* (2010),

escrito por Linda M. Phillips, Stephen P. Norris e John S. Macnab, que em 2011, em conjunto com a Vavra, publicam em formato de artigo os pontos principais da obra. Com relação à visualização introspectiva Phillips, Norris e Macnab (2010) afirmam que esta “é uma construção imaginativa de uma possível experiência visual” (p. 26). Neste caso a significação (visualização interpretativa) é feita com base em uma visualização introspectiva ou a partir de um objeto de visualização. A figura 4 apresenta um esquema da visão geral da autora deste trabalho sobre as ideias de Phillips, Norris e Macnab (2010).

Figura 4- Esquema sobre a visualização com base em Phillips, Norris e Macnab (2010).



Fonte: Elaborada pela autora.

Os apontamentos e definições apresentados no livro/artigo, foram feitos com base em uma revisão bibliográfica, que resultou em cerca de 250 publicações em uma janela temporal de 50 anos, abrangendo as áreas de ensino de ciências, matemática e literatura. Das publicações encontradas, foram selecionadas as que explicitamente abordavam o termo ‘visualização’. Os conceitos de objeto de visualização, visualização introspectiva e interpretativa, foram determinados por capturarem a maioria das distinções feitas com relação ao termo “visualização”, tanto nas publicações como nas definições

buscadas no dicionário, e também para os seus sinônimos, como imagem, ajuda visual, entre outros. Segundo Vavra et. al. (2011)

“Estas distinções são importantes para compreender as demandas e contextos de uso da visualização e para determinar a aplicação mais eficaz da visualização na aula de ciências” (p. 23).

De modo geral, ambas as discussões sobre o termo estabelecem relação entre o externo e interno, a divergência entre os dois grupos de pesquisadores são as ramificações sobre o conceito. Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008) constroem o conceito de representação, enquanto Phillips, Norris e Macnab (2010) instituem o termo de objeto de visualização para o ponto de partida do processo de visualização. No entanto, é possível estabelecer relações entre as colocações da Phillips, Norris e Macnab (Ibid) e Gilbert, Reiner e Nakhleh (Ibid). A visualização introspectiva e interpretativa e a representação interna estão relacionadas ao esquema interno construído pelo estudante, os conceitos podem ser aproximados, considerando que o foco de ambos é a internalização e significação que ocorre partindo de um objeto de visualização/representação externa. Este processo de relação entre o externo e interno está associado ao processo de construção do conhecimento, a formação de um esquema/objeto mental.

Com relação à representação externa, esta pode ser vista como um conceito mais abrangente que engloba o que é definido como objeto de visualização, ambos termos (representação externa e objeto de visualização) estão associados ao modelo externo. A representação externa definida por Gilbert, Reiner e Nakhleh (Ibid) é um conceito mais amplo, associado ao modelo de domínio público, no entanto, não é claro se o conceito se refere apenas a representações físicas ou também aos modelos didáticos. O termo ainda se mostra bastante polissêmico.

O objeto de visualização (OV) está associado a algo físico, como gráficos, diagramas esquemáticos, imagens, entre outros elaborados intencionalmente para o processo de instrução e segundo pressupostos teóricos ligados à cognição. Um OV é um objeto de ensino pensado e construído para representar um modelo didático. E nesse sentido entende-se aqui que os objetos de visualização compõem as

atividades e abordagens didáticas utilizadas no contexto de ensino. Por esta razão a presente pesquisa se apoiará nas ideias apresentadas por Phillips, Norris e Macnab (2010), assumindo as atividades experimentais (AER e AEV) como abordagens didáticas que podem ser compostas por múltiplos e distintos objetos de visualização.

Phillips, Norris e Macnab (Ibid) apresentam o conceito de OV como, “objetos físicos que são vistos e interpretados por uma pessoa para o propósito de compreender outra coisa que não o próprio objeto” (p. 26). Desta maneira, os objetos de visualização presentes nas atividades experimentais (reais e virtuais) podem ser compreendidas dentro do conceito, considerando que o foco destas atividades é abordar os modelos didáticos, de modo que os estudantes internalizem e signifiquem o modelo e não a prática em si.

O conceito de visualização aplicado ao ensino de ciências tem como foco estabelecer relações entre os objetos de visualização e os esquemas internos (visualização introspectiva/interpretativa), construídos e significados individualmente. Os aspectos externos do objeto estudado influenciam no processo de construção do conhecimento, e a visualização possibilita compreendê-los e externalizá-los.

Mnguni (2014) apresenta ideias sobre o processo cognitivo teórico da visualização para a internalização do modelo didático, e afirma que

“Em relação à cognição, a aprendizagem envolve os domínios interno (psicológico) e externo (físico). Portanto aprender envolve o processamento da informação como um meio de interação entre esses dois domínios” (p. 2).

O autor caracteriza que a compreensão da informação visual é composta por três aspectos, a internalização, a conceitualização e a externalização do modelo didático. O processo de construção do conhecimento abarca estes três momentos, e para que a aprendizagem ocorra é preciso conduzir os estudantes em atividades que possam reconhecer os objetos de visualização contidos no domínio externo, para então significá-los.

O foco principal da visualização é pensar em auxiliar o processo de compreensão dos modelos didáticos ensinados aos estudantes, entendendo que estes possuem um campo de domínio que não contemplam a totalidade da realidade percebida através das suas experiências visuais, e os objetos de visualização são pensados para este propósito. Um modelo didático é construído e delineado a partir de conceitos científicos, tendo como finalidade a sua inserção no contexto escolar. Este modelo pode ser abordado de diferentes maneiras, por distintas práticas e atividades, como por exemplo, as atividades experimentais reais e virtuais.

A abordagem didática desses modelos envolve a utilização de várias ferramentas que são compostas, com base na visualização, por objetos de visualização. Para os especialistas em ciências (físicos, químicos, biólogos), os OV como gráficos, diagramas esquemáticos, tabelas, são naturalizados, o que faz com que estes consigam transitar facilmente entre os objetos. Como, por exemplo, retirar dados de um gráfico e construir uma tabela, esta transição entre os dois objetos de visualização é um processo automatizado. No entanto, um estudante, considerado novato na área, não possui este mesmo conhecimento, assim as atividades desenvolvidas no ensino devem estar voltadas ao desenvolvimento capacidade de transitar entre os OV.

Dúvidas de como desenvolver uma abordagem didática utilizando os objetos de visualização que alcance as metas de ensino traçadas, é umas das preocupações dos pesquisadores da área. Phillips, Norris e Macnab (2010) dedicam um capítulo exclusivo de discussão sobre esta questão. Um dos pontos discutidos é a visualização para a matemática, os autores classificam as tendências dos temas pesquisados nessa área, sendo álgebra, geometria, cálculo e matemática geral. Discutem a importância da visualização para a área de ensino, no entanto não especificam objetos de visualização que possibilitam sua abordagem. Desta forma, se busca aqui o apoio nas ideias de Hestenes (1987), que aborda as características matemáticas presentes no modelo didático de maneira mais profunda, pensando em um modelo instrucional para a física. As ideias apresentadas vão ao encontro dos objetivos da visualização ao pesar aspectos que devem ser considerados no momento da abordagem dos modelos didáticos no ensino.

Para caracterizar aspectos que compõem a matemática do modelo didático, Hestenes (Ibid) apresenta quatro componentes, sendo: i) “conjunto de *nomes para o objeto* e agentes que interagem com ele”; ii) “conjunto de *variáveis descritivas* (ou descritores) que representam as propriedades do objeto”; iii) “as *equações do modelo*, descrevem sua evolução, estrutura e tempo”; iv) “uma *interpretação* que relaciona as variáveis descritivas de propriedades de alguns objetos que o modelo representa” (p. 4). Estas são interpretadas aqui como objetos de visualização que devem ser pensados e apresentados aos estudantes no contexto de ensino.

Os aspectos apresentados por Hestenes (1987) que compõem o modelo didático, exigem dos estudantes conhecimento sobre os símbolos que compõem as equações e fórmulas. Deste modo a linguagem matemática torna-se indispensável para construção do conhecimento e deve ser abordada junto ao estudante no processo de ensino. Assim, é indispensável pensar em como fazer isso por meio das atividades didáticas, e não apenas matematicamente mas também em aspectos visuais.

A possibilidade de utilizar diferentes objetos de visualização como: *diagrama esquemático, tabela, gráfico, informação textual, simbólico numérico, pictórico, animação, simulação, analogia, realista, interatividade e domínio de validade*, estabelece um gama de possibilidades de configuração de uso em abordagens didáticas. Para estabelecer quais objetos de visualização se tornam necessários ou não no processo de aprendizagem, é preciso que os objetivos de ensino sejam claros, sabendo o papel que cada OV auxilia na visualização. Assim é necessário que o professor conheça o que se define com relação a cada OV.

Em relação a *diagramas esquemáticos*, estes são objetos de visualização que são simplificações que facilitam a compreensão de determinados objetos ou mesmo das relações entre características do objeto real, como por exemplo, a reprodução do sistema planetário utilizando círculos e elipses. O diagrama desenhado possibilita apresentar o movimento dos planetas utilizando elipses, e o Sol e os planetas por meio dos círculos, assim como suas posições um em relação ao outro.

É fundamental ressaltar aqui que o uso dos *diagramas esquemáticos* deve sempre ser feito de maneira cautelosa, sendo negociado com os estudantes, evidenciando que o que está sendo apresentado é uma modelagem pensada com a finalidade de retratar parcialmente o objeto real de estudo.

Os modelos didáticos podem ser apresentados também por meio de *tabelas, gráficos e informação textual*, objetos de visualização bastante atualizados no ensino de ciências atualmente. Assim como o *simbólico numérico* utilizado para apresentar valores referentes às características do objeto real, como o valor do tamanho, peso, entre outras. Outro objeto de visualização que é bastante utilizado no ensino é o *pictórico*, que compreende as imagens ou desenhos. É comum sua utilização para apresentar sistemas ou características do objeto real, como sua forma, por exemplo, porém em escala menor de tamanho.

Em relação ao objeto de visualização *animação*, Phillips, Norris e Macnab (2010) salientam que para os casos em que se está abordando modelos didáticos relacionados a fenômenos com movimento, este OV se torna mais eficaz para auxiliar a compreensão dos estudantes. Entretanto é importante estar atento à complexidade do movimento apresentado, assim como a do tema, e o nível de conhecimento dos estudantes. Uma *animação*, é um objeto de visualização focado apenas no acontecimento do fenômeno, sem pensar na apresentação das equações e fórmulas matemáticas que compõem o modelo didático.

Em contrapartida, o OV *simulação* permite ao estudante acessar as equações e fórmulas matemáticas que integram o modelo didático, apresentado neste caso de maneira explícita, no qual é possível modificar parâmetros do objeto *simulação*. Neste caso é possível oferecer e apresentar ao estudante mais características que compõem o modelo didático, trazendo mais informações. Assim como, estabelece maior número de ligações entre estas características, como por exemplo, a relação entre as fórmulas e equações matemáticas com o que ele está vendo. Neste ponto, um número maior de características presentes nos modelos didáticos são emprestadas e fornecidas à visualização introspectiva e interpretativa.

Outra possibilidade de OV são as *analogias*, nas quais se utiliza uma característica conhecida pelo estudante para representar na

atividade um outro objeto que não o objeto em si, por exemplo, utilizar uma esfera maciça para representar um elétron. Neste caso a esfera não caracteriza a forma ou ela mesma, e sim o outro objeto que se deseja descrever, neste caso, o elétron.

As modelagens computacionais utilizam muito este OV apresentando características fictícias, como a relação entre cores e átomos para distinção de substâncias quando descritas em imagens, ou em relação à célula humana para representar suas membranas e organelas. Ou também, acrescentar o sinal de soma e subtração para se referir a cátions e ânions ao decorrer de explicações de reações químicas.

Um objeto de visualização também pode ser *realista*, a associando características do objeto real ao OV *realista*, que em algumas situações auxilia o estudante a reconhecer o que está sendo apresentado mais facilmente. Por exemplo, a utilização da imagem de uma bola real para abordar o lançamento oblíquo. Neste caso, o nível de realismo contribui positivamente para o processo de visualização introspectiva e interpretativa, considerando que o objeto real já é conhecido pelo estudante devido às suas experiências visuais. Em situações mais complexas simplificações nas caracterizações fornecidas em muitos casos facilitam a compreensão do estudante, frente à imagens muito realistas, é preciso considerar o nível de conhecimento dos estudantes, e os objetivos de ensino para inclusão ou exclusão de um OV *realista*.

Outro OV discutido na visualização no ensino de ciências bastante importante é o *interatividade* (PHILLIPS, NORRIS E MACNAB, 2010), pois o nível propiciado para que possa haver interação do estudante com as atividades desenvolvidas influencia na visualização introspectiva e interpretativa sob diferentes aspectos. No entanto, é preciso pensar a interatividade fornecida, muitas vezes dependendo do nível de conhecimento do estudante o uso de imagens estáticas e ausência de possibilidade de interação é mais adequado. Hegarty (2004) discute estes aspectos com base na visualização, trazendo pesquisas que aplicaram atividades com diferentes configurações, como por exemplo, utilizando imagens estáticas, dinâmicas, animações interativas e não interativas.

Considerando que os modelos didáticos abordados no ensino são construídos com base nos conceitos científicos, e que estes tem por objetivo retratar parcialmente a realidade, existe então um *domínio de validade* ao qual estes estão relacionados. Este OV (*domínio de validade*) deve estar presente então nas atividades didáticas, e ser abordado de maneira clara junto aos estudantes, para evitar a construção de esquemas incorretos cientificamente.

As discussões e o destaque relacionado a estes objetos de visualização são relevantes, pois são capazes de nortear o ensino, com o objetivo de facilitar a construção do modelo didático junto ao estudante. Os aspectos apontados auxiliam na escolha das atividades utilizadas em sala, pois os objetivos de ensino são mais claros, considerado que todos os pontos discutidos na visualização (*analogia, animação, simulação, diagrama esquemático*), e por Hestenes (1987) com relação aos aspectos matemáticos (fórmulas e equações) estão presentes nos modelos didáticos.

Em contextos internacionais de ensino, como na Rússia, a visualização já está inserida no currículo como parte integrante de disciplinas que abordam o desenvolvimento tecnológico em cursos de Engenharia. Atualmente há debates com relação à maneira de torná-la flexível de modo a abranger novas áreas, como o ensino de ciências (KARSAKOV, BILYATDINOVA e BEZGODOV, 2015). Essas discussões mostram a relevância da visualização no ensino, na perspectiva de orientar e conduzir de maneira mais objetiva a aprendizagem.

A partir do ponto no qual os professores conhecem os objetos de visualização e o papel que desempenham no processo de ensino, assim como o nível de conhecimento dos estudantes com que estão trabalhando, a presença ou ausência dos OV é capaz de nortear a escolha das atividades aplicadas no ensino (CHANG RUNDGREN e YAO, 2014) ou mesmo para analisar a influência destes nos resultados de aprendizagem.

Pesquisas já mostram essa aplicação no ensino (DORI e BARAK, 2001; SILVA e CINTRA, 2013; CHIU, DEJAEGHER e CHAO, 2015) e relacionam atividades experimentais – reais e virtuais –

à visualização, utilizando como base o conceito de modo a desenhar o desenvolvimento das atividades e/ou suas análises. As três pesquisas supracitadas tinham por objetivo abordar questões moleculares, assim os autores exploram as ideias de Gilbert (2005) sobre os níveis de representação externa (macroscópica, submicroscópica e simbólica⁵). Silva e Cintra (2013) utilizaram as categorias de Gilbert para orientar as análises da influência das atividades nos desenhos/respostas dos estudantes.

Dori e Barak (2001) estavam interessados em analisar se à medida em que as atividades eram desenvolvidas, a compreensão entre as transformações das possibilidades de representação⁶ das moléculas iam sendo melhoradas. Para isso desenvolveram um questionário no qual os estudantes tinham de preencher as características das moléculas como isomeria, tipos de modelo, nomenclatura, fórmula molecular e o seu modelo.

Chiu, Dejaegher e Chao (2015) tinham por objetivo abordar os conceitos de pressão, volume e temperatura utilizando situações cotidianas. Com base nas considerações de Gilbert (2005) com relação às representações das moléculas nas categorias, aplicaram uma atividade virtual para demonstrar a mudança da velocidade da movimentação da molécula devido à temperatura.

Desta maneira, é possível então entender resultados partindo das ideias construídas na visualização, através da presença dos objetos de visualização (PHILLIPS, NORRIS E MACNAB, 2010) ou representações externas (GILBERT, 2005) presentes em abordagens didáticas, considerando que este fator influencia os resultados de aprendizagem.

Assim, no que tange a apropriação da visualização, para análise dos resultados das publicações selecionadas na presente pesquisa, que integram atividades reais e virtuais (Capítulo 4), emprestam-se como objetos de visualização com base em Hestenes (1987): *nomes para o objeto; variáveis descritivas; equações do modelo; e interpretação; e*

5 Para mais informações ver GILBERT, J. K. Visualization in Science Education. Springer. P. 1-319. 2005.

6 O termo é utilizado dentro das definições de Gilbert (2005), mantendo sua perspectiva teórica.

com base nas pesquisas de visualização no ensino de ciências: *diagrama esquemático, tabela, gráfico, informação textual, simbólico numérico, pictórico, animação, simulação, analogia, realista, interatividade e domínio de validade*. O objetivo é apresentar a relação entre a presença e a ausência dos objetos de visualização nas atividades reais e virtuais desenvolvidas nas pesquisas com esta configuração (Capítulo 5). No entanto, é preciso primeiro compreender o contexto em que estas pesquisas estão sendo realizadas, assim o capítulo a seguir (Capítulo 4) apresenta este cenário, e as etapas de refinamento e seleção das publicações analisadas na presente pesquisa.

4. INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES REAIS E VIRTUAIS: O QUE MOSTRAM AS PESQUISAS ?

A atividade experimental – real e virtual – é, para o ensino de ciências, uma das abordagens didáticas que ainda envolvem muitos questionamentos acerca da sua utilização. Diferentes abordagens foram pensadas, delineadas na maioria dos casos com base em teorias de aprendizagem. Uma das formas de realização dessas atividades é utilizá-las em contexto de integração, ou seja, a atividade experimental real aliada à virtual.

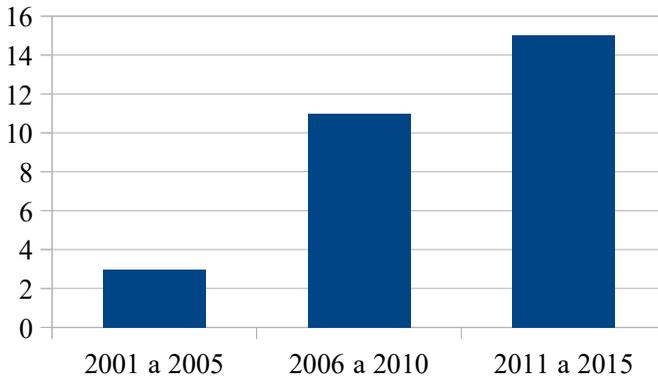
Assim, o foco deste capítulo é construir e apresentar este contexto de utilização das atividades experimentais integradas, para isso foi realizado um levantamento bibliográfico com o objetivo de compreender aspectos como: áreas e conceitos que utilizam a integração da atividade experimental real e virtual, teorias de embasamento e características de configuração das pesquisas.

Um conjunto de palavras-chave foi utilizado de maneira independente na base de dados do Portal CAPES, Google Acadêmico, *Science Direct* e *Eric*, sendo estas: “Tecnologia e experimentação”; “Tecnologia digital e experimentação”; “Experimentação e simulação”; “Experimentação e modelagem”; “*Real experimentation and simulation*”; “*Real experimentation and modeling*”; “*Real experimentation and technology*”: A busca por publicações⁷ que apresentavam a integração das atividades como foco de abordagem ocorreu durante o mês de agosto de 2015, e resultou em um total de 30 pesquisas tendo entre elas artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses, todas-delimitadas na área de ensino de ciências. O critério para seleção das publicações era a presença, no título ou resumo, de uma das seguintes palavras: *associado, integração, e, versus, com*, entre as palavras referentes as atividades experimentais reais (*prática de laboratório, hands-on, experimentação real*) e atividades experimentais virtuais (*modelagem computacional, simulação computacional*).

⁷ Dados parciais deste capítulo foram apresentados no formato de artigo no [V Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia](#), que ocorreu em novembro de 2016.

Não foi realizado recorte temporal com a intenção de conhecer o período em que estas publicações têm sido desenvolvidas (figura 5), entre as selecionadas é possível destacar que esta configuração de pesquisa obteve maior atenção entre 2006 e 2015, apresentando um crescimento significativo no seu desenvolvimento no cenário nacional e internacional. Das 30 pesquisas encontradas uma não apresentou ano de publicação, e por este motivo não está contabilizada na figura 5.

Figura 5- Número de pesquisas publicadas no período de 2001 a 2015.



Fonte: Elaborada pela autora.

As 30 publicações foram classificadas de acordo com seus objetivos de pesquisa, deste modo surgiram a partir da leitura destas quatro categorias: *atividade experimental real (AER) versus atividade experimental virtual (AEV)*, *atividade experimental real aliada à tecnologia*, *discussão teórica sobre a integração de atividades reais e virtuais (AER+AEV)* e *integração de atividades experimentais reais e virtuais*.

A categoria *atividade experimental real versus atividade experimental virtual* contou com duas publicações (AJREDINI, IZAIRI e ZAJKOV, 2013; STAMENKOVSKI e ZAJKOV, 2014) que tiveram como objetivo de pesquisa comparar a utilização de AER e AEV em contextos isolados, ou seja, contaram com um grupo de estudantes

utilizando a AER e outro grupo utilizando a AEV. Neste caso não houve a implementação das atividades de modo integrado, estas pesquisas foram selecionadas devido ao uso dos conectivos *e* e *versus*, apresentados no título.

Com relação à categoria *atividade experimental real aliada a tecnologia*, a integração à que a pesquisa se refere é a inserção de alguma tecnologia digital, como por exemplo, uma câmera fotográfica digital, para observação ou registro do desenvolvimento da atividade experimental real (PICHÍ JÚNIOR, 2010; VINHOLES et al., 2013; CHIU, DEJAEGHER e CHAO, 2015). Esta configuração de pesquisa não vai ao encontro do que se entende aqui por integração de atividades experimentais reais e virtuais, na qual ambas são desenvolvidas em momentos distintos e em isolado.

Na categoria *discussão teórica sobre a integração de atividades experimentais reais e virtuais* foram enquadradas duas publicações (MUHAMMAD et al., 2004; HEIDEMANN, 2011) que apresentaram discussões e/ou proposições de integração, sem resultados de aplicação. Heidemann (2011) discute as limitações das atividades, – experimentais e computacionais –, e as possibilidades de integração destas com base na fala de professores. Neste contexto, o sentido de integração de atividades experimentais está alinhado à configuração de implementação das atividades em momentos separados aqui adotada, assim como as pesquisas da próxima categoria.

A categoria *integração de atividades experimentais reais e virtuais* contou com 23 publicações, todas tinham como objetivo de pesquisa a aplicação de AER e AEV integradas em contextos de ensino, com a finalidade de comparar resultados obtidos antes e após o desenvolvimento das atividades. Entre as selecionadas foram realizadas diferentes configurações de utilização integrando as modalidades de atividades experimentais. Alguns pesquisadores optaram por aplicar apenas a integração, outros fizeram a mesma configuração adicionando o grupo de controle, ou seja, mantendo a instrução tradicional como definido pelos autores.

Assim, dentro desta categoria foi possível fazer uma subdivisão das pesquisas de acordo com a configuração de aplicação das atividades. Os grupos são definidos da seguinte maneira: i) aplicação da Atividade

Experimental Real (AER); ii) aplicação da Atividade Experimental Virtual (AEV); iii) aplicação de ambas as atividades experimentais (AER+AEV); iv) grupo de controle (ensino tradicional definido pelo currículo da instituição em que a pesquisa foi aplicada). As subcategorias da categoria *integração de atividades experimentais reais e virtuais* são:

- (a) – apenas o grupo iii;
- (b) – grupo iii comparado ao grupo i;
- (c) – grupo iii comparado ao grupo iv;
- (d) – todos os grupos.

A subcategoria (a) contou com dez publicações (CONSTANTINO, 2003; DORNELES, ARAUJO e VEIT, 2007; PAZ, 2007; DORNELES, 2010; FERREIRA et al., 2009; HOHENFELD e PENIDO, 2009; PINTO e FERRACIOLI, sem data; GUNHAART e SRISAWASDI, 2012; SILVA e CINTRA, 2013; LIMA, 2014) que tiveram como foco apenas a comparação dos resultados apresentados pelos participantes antes e após a realização das atividades experimentais integradas.

Com relação a subcategoria (b) apenas uma publicação se enquadrou (KOLLÖFFEL e JONG, 2013) na busca de resultados comparativos entre a integração das atividades experimentais (AER+AEV) frente à atividade experimental virtual (AER) em contexto isolado. A subcategoria (c) contou com três pesquisas (DORI e BARAK, 2001; ZACHARIA, 2007; ZACHARIA e CONSTANTINO, 2008) que tiveram como foco comparar os resultados entre os grupos iii e iv, ou seja, a integração frente ao grupo de controle.

A subcategoria (d) apresenta os três grupos de pesquisa (i, ii e iii), e em alguns casos também o grupo iv. Estas pesquisas compararam não apenas os resultados antes e após a aplicação das atividades experimentais, mas também os resultados posteriores entre os grupos, tendo em vista que o foco era conhecer qual modalidade didática se destaca, e se haveria distinções nos resultados finais devido à configuração de utilização da atividade experimental real e virtual em contexto isolado e integrado. Em sua grande maioria, os dados foram

coletados por meio de questionários aplicados antes e após as atividades (apenas uma publicação utilizou entrevista), e em algumas durante as atividades também.

Esta subcategoria contou com nove pesquisas, entre elas duas foram publicadas em dois diferentes meios ([ÜNLÜ E DÖKME, 2011](#); [MENDES, COSTA e SOUSA, 2012](#)), assim a subcategoria ficou efetivamente com sete publicações ([MENDES, 2009](#); [FARROKHANIA e ESMAILPOUR, 2010](#); [TRUNDLE e BELL, 2010](#); [ÜNLÜ e DÖKME, 2011](#); [ZACHARIA e OLYMPIOU, 2011](#); [SARABANDO, CARAVINO e SOARES, 2014](#); [ZACHARIA et al., 2014](#)).

Estas pesquisas apresentam resultados comparativos mais abrangentes incorporando todas as configurações de grupos, permitindo uma visão geral sobre o contexto da integração de atividades experimentais reais e virtuais. Deste modo, é relevante lançar um olhar sobre as considerações apresentadas, assim como, sobre os desenhos didáticos, tendo em vista que é uma área recente (figura 3) e em desenvolvimento. Traçar os aspectos como referencial teórico, tema abordado, atividade proposta e resultados do desenvolvimento das atividades, auxiliam na estruturação e consolidação do cenário destes estudos. Essa perspectiva está presente nas pesquisas em estado da arte, e norteou no momento de delimitar questões centrais de análise nesta etapa de construção do contexto.

Assim, foi desenvolvido um quadro com características observadas durante a leitura das publicações selecionadas na subcategoria (d), no qual se considerou: **Resultados**, com relação aos grupos da pesquisa; **Tema**, assunto trabalhado; **Nível de ensino** em que as atividades foram realizadas; **Ferramenta Virtual**, qual o material digital foi utilizado; **Base teórica** que o trabalho se apoiou para desenvolvimento das atividades; **Número de grupos**; e, por fim, os **Participantes**, sendo o total de sujeitos envolvidos na pesquisa.

As seguintes letras representam no quadro 1, com relação a: *Nível de ensino*: Fundamental (**F**), Ensino Médio (**M**), Graduação (**G**), Pós-Graduação (**P**). Para *Tema*, por serem encontrados apenas na área de Física, utiliza-se para identificar: Eletromagnetismo (**E**), Gravitação (**G**), Termodinâmica (**T**), Mecânica (**M**). Para os *Resultados* – lembrando que

AER se refere às Atividades Experimentais Reais e AEV às Atividades Experimentais Virtuais:

- **INTG** – quando a integração apresenta melhores resultados que AEV ou AER utilizadas em contextos separados;
- **V** – quando a AEV apresenta bons resultados com ou sem a utilização integrada de AER;
- **EQ** – AEV apresenta os mesmos resultados que AER quando utilizadas separadamente, ou seja, sem integração das atividades;
- **IND** – todos os grupos de atividades (AER+AEV, AEV ou AER) obtiveram os mesmos resultados.

Quadro 1- Sistematização dos resultados das pesquisas.

	P U B L I C A Ç ÃO	R E S U L T A D O S	F E R R A M E N T A V I R T U A L	T E M A	N Í V E L D E E N S I N O	B A S E T E Ó R I C A	NÚMERO DE	
							G R U P O S	P A R T I C I P A N T E S
A	ZACHARI A et al., 2014	INTG	Virtual Labs Electricity	E	F	Sócio- construtivista.	3	55

B	ZACHARI A e OLYMPIO U, 2011	IND	ThermoLab	T	G	Mudança Conceitual.	5	234
C	SARABAN DO, CARAVIN O e SOARES, 2014	INTG, V	Modellus	G	F		3	142
D	TRUNDLE e BELL, 2010	IND	Starry Nighth	G	P		3	157
E	FARROKH NIA e ESMAILPOUR, 2010	INTG, EQ	Circuit Construction Kit (PhET)	E	G		3	100
F	ÜNLÜ e DÖKME, 2011	INTG	Electricity Simulation Tools	E	F	Aprendizagem baseada em analogia.	3	66
G	MENDES, 2009	INTG	Modellus	M	M	Aprendizagem Significativa.	4	86

Fonte: Elaborado pela autora.

As pesquisas selecionadas e analisadas contaram, em média, com 120 participantes, um número expressivo tornando seus resultados significativos e com possibilidades de trazer direcionamentos para a área de pesquisa e ensino de ciências.

Eletromagnetismo se mostrou o tema mais abordado, possivelmente devido ao nível de abstração intrínseco ao conteúdo. Fator que pode ser considerado influente para a utilização de associação das atividades e também por se tratar de um campo em que a pesquisa em ensino de física tem ampla e consolidada literatura sobre as dificuldades de aprendizagem envolvidas (MCDERMOTT, 1996). Este aspecto deve ser considerado, pois a atividade virtual pode fornecer

objetos de visualização relacionadas aos modelos didáticos abstratos, que conseqüentemente fornecem um esquema inicial base para os estudantes trabalharem atividades reais. Ou ainda, um “diálogo” constante e dinâmico entre as modalidades de atividades (reais e virtuais) numa negociação que favorece as visualizações internas (introspectiva e interpretativa).

Com relação ao contexto de aplicação foram explorados todos os níveis de ensino da educação formal, do fundamental à pós-graduação. Em relação à base teórica a mudança conceitual se destaca. Esta teoria de ensino e aprendizagem foi proposta inicialmente por Posner et al. (1982), na perspectiva de que os estudantes chegam às escolas tendo conhecimentos prévios sobre os temas ensinados, e comumente estas convicções estão em desacordo com o estabelecido como conhecimento científico, chamadas então de concepções alternativas. Nesta teoria, o processo de ensino ocorre por meio do conflito entre as concepções alternativas e o conhecimento científico, alterando os esquemas iniciais dos estudantes. Ao longo dos anos novas reflexões foram feitas com relação a este pensamento, e atualmente sabe-se que as concepções alternativas não são facilmente abandonadas ou substituídas.

Sobre as configurações de grupos pesquisados, apenas duas publicações inseriram o grupo de controle ([MENDES, 2009](#); [ZACHARIA e OLYMPIOU, 2011](#)). A pesquisa de Zacharia e Olympiou (2011) é configurada por cinco grupos, pois foi realizada a inversão na ordem de aplicação da AER e AEV, para compreender se há uma relação com os resultados, ou seja, se o desenvolvimento da atividade experimental virtual antes ou após a atividade experimental real influencia os resultados obtidos.

Os resultados comparativos de uma das pesquisas ([FARROKHNI e ESMAILPOUR, 2010](#)) mostrou que a aplicação da atividade real e virtual, em contexto isolado, foram equivalentes. Em outro caso a atividade virtual isolada teve melhores resultados do que a atividade real ([SARABANDO, CARAVINO e SOARES, 2014](#)), o que pode estar associado ao fato de ferramentas virtuais permitirem apresentar objetos de visualização não alcançados por meio das atividades reais, ou ainda, ao modo como as atividades foram conduzidas. No entanto, estes

resultados não são recorrentes, diferentemente da integração que das sete pesquisas, cinco evidenciaram que a AER aliada à AEV obteve melhores resultados frente a AER ou AEV em contexto isolado. Os valores estatísticos encontrados através da comparação do pós-teste dos grupos foram significativos, como afirmam os autores das pesquisas (vide APÊNDICE B).

No contexto aqui construído, é possível destacar que esta área de pesquisa ainda é recente (2001), considerando as publicações selecionadas. No entanto, não se pode afirmar que este é a primeira pesquisa desenvolvida com esta configuração. Para isso, é necessário repensar as palavras-chave utilizadas na fase de buscas, ampliando suas variações assim como as fontes de busca.

É importante destacar o ponto de divergência relacionado ao conceito de integração entre atividades experimentais reais e virtuais, interpretada como a integração em um mesmo momento de aplicação, como visto na categoria *atividade experimental real aliada à tecnologia*. E em uma segunda perspectiva, a utilização dessas atividades em momentos isolados, como apresentado na última categoria (*integração de atividades experimentais reais e virtuais*).

Inserido nesta segunda perspectiva sobre integração, há ainda distintas configurações de desenvolvimento das pesquisas definidas de acordo com os objetivos de pesquisa delimitados. Neste cenário, as pesquisas destacadas na subcategoria (d) mostram resultados intrigantes. Partindo deste cenário, no qual a integração se destaca como promissora, surgem questionamentos com relação aos aspectos que levam a estes resultados. Assim, a presente pesquisa lança mão da visualização para refletir sobre as atividades experimentais reais e virtuais desenvolvidas, com o intuito de compreender se a pluralidade de objetos de visualização exploradas em cada modalidade de atividade pode estar associada aos resultados obtidos.

O Capítulo 5 apresenta as análises feitas sobre as atividades experimentais reais e virtuais aplicadas nas pesquisas selecionadas na subcategoria (d), da categoria *integração de atividades experimentais reais e virtuais*, com base na visualização.

5. A INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS REAIS E VIRTUAIS SOB A PERSPECTIVA DA VISUALIZAÇÃO

Diferentes atividades auxiliam no processo de construção e compreensão do modelo didático, cada uma delas está relacionada a diferentes objetivos de aprendizagem. O processo de ensino envolve a abordagem de modelos didáticos, e estes são compostos por diferentes aspectos, entendidos aqui, com base na visualização, como objetos de visualização, como, por exemplo: *os nomes para o objeto; variáveis descritivas; equações do modelo; interpretação; diagrama esquemático, tabela, gráfico, informação textual, simbólico numérico, pictórico, animação, simulação, analogia, realista, interatividade e domínio de validade*⁸.

Diferentes atividades possibilitam apresentar distintos objetos de visualização, desta maneira é fundamental que o professor esteja ciente da relevância destes nas atividades, para saber delinear suas atividades. Neste contexto, cada OV é utilizado e oferecido ao estudante com uma finalidade.

Os objetos de visualização desempenham um papel fundamental no ensino. Tendo em vista que constituem o modelo didático, é preciso que os estudantes conheçam estes OV e suas relações, considerando que a aprendizagem (visualização introspectiva/interpretativa) se inicia neste ponto. A construção de esquemas, que é o processo de significação, ocorre partindo dos diferentes objetos de visualização que o estudante de reconhecer, interpretar e relacionar.

Desta maneira, é possível buscar respaldo na visualização para compreender os resultados apresentados nas pesquisas selecionadas anteriormente (Capítulo 4), na subcategoria (d), da categoria *integração de atividades experimentais reais e virtuais*. Analisando a presença ou ausência dos OV supracitados, nas atividades experimentais (reais e virtuais) desenvolvidas, considerando que estes estão relacionados ao processo de construção do conhecimento.

8 Definidos anteriormente no Capítulo 3.

Assim, foram analisadas as sete pesquisas ([MENDES, 2009](#); [FARROKHNIA e ESMAILPOUR, 2010](#); [TRUNDLE e BELL, 2010](#); [ÜNLÜ e DÖKME, 2011](#); [ZACHARIA e OLYMPIOU, 2011](#); [SARABANDO, CARAVINO e SOARES, 2014](#); [ZACHARIA et al., 2014](#)) que integraram a AER e AEV com a configuração de três grupos diferentes (apenas AEV, apenas AER e AER+AEV), com relação à presença dos objetos de visualização já discutidos (Capítulo 3) presentes nas atividades experimentais.

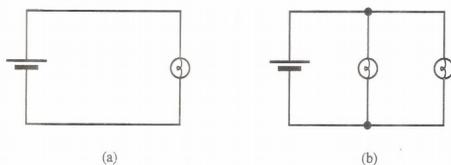
Com relação à pesquisa de Zacharia et al. (2014) – publicação A – a base para a delinear as atividades experimentais (real e virtual) desenvolvidas foi o Módulo Circuitos Elétricos, do livro *Physics by Inquiry* de McDermott (1996, 383–405). Aspectos matemáticos do modelo didático, como fórmulas e equações, não são oferecidos aos estudantes, pois o objetivo do referencial utilizado é construir uma abordagem conceitual. Por este motivo os objetos de visualização (*nomes para o objeto; variáveis descritivas; equações do modelo; e interpretação*) pensados com base nas ideias do Hestenes (1987) não estão presentes nas atividades experimentais (AER e AEV) desta pesquisa.

O tema abordado pelos autores foi circuitos elétricos, tendo como foco a relação entre tensão, corrente e resistência, referente à Lei de Ohm. Os dados da pesquisa foram coletados por meio da aplicação de pré e pós-teste, formado por sete questões elaboradas também com base em McDermott (1996).

Para o desenvolvimento da AER foram utilizadas baterias idênticas, fios, interruptores e lâmpadas. Os estudantes montaram circuitos reais compostos por baterias e lâmpadas, em diferentes configurações (com uma e duas lâmpadas, e com as lâmpadas em posições diferentes).

Durante o desenvolvimento das atividades experimentais reais, foram oferecidos aos estudantes *diagramas esquemáticos* para orientar na montagem dos circuitos, um exemplo é apresentado na figura 6. Junto a estes diagramas foi fornecida também *informação textual*, com passos e questionamentos.

Figura 6- Diagrama esquemático apresentado na atividade experimental real da publicação A.

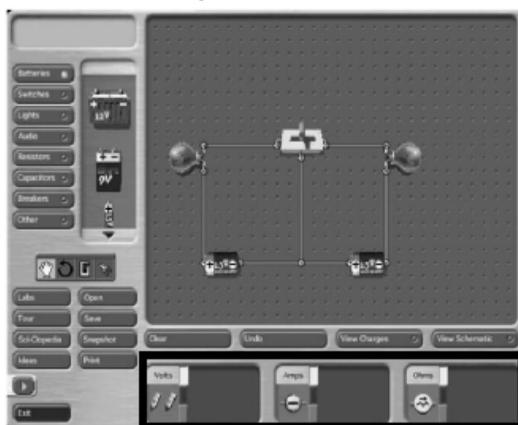


Fonte: McDermott ,1996.

No próprio *diagrama esquemático*, estão presentes o *OV pictórico*, relacionado ao desenho para caracterizar as lâmpadas. A AER ofereceu distintos objetos de visualização sobre o modelo didático, somando ainda a *interatividade* no momento de montagem dos circuitos com os materiais reais (*realista*).

A AEV apresentou uma versão digital do laboratório real, e forneceu outras categorias de objetos de visualização, como o *simbólico numérico*, relacionado aos valores da corrente, da resistência e da tensão, apresentados na parte destacada no retângulo na figura 7.

Figura 7- Virtual Labs Electrecity.



Fonte: Adaptada de Zacharia et al, 2014.

Apresentou ainda o OV *animação* referente ao brilho das lâmpadas. É possível saber desta característica da AEV, pois esta seguiu os passos de aplicação da AER, na qual os estudantes tiveram de observar se o brilho da lâmpada alterava de acordo com as configurações do circuito. Com relação aos objetos de visualização presentes já na AER, a AEV manteve a *interatividade* (os estudantes também montavam o circuito), o *realista* (lâmpada, pilha) e *pictórico* (segmento de reta representando os fios) como podemos ver na figura 7.

Para reunir as análises relacionadas à presença ou ausência dos objetos, foi desenvolvido o quadro 2 para mostrar os resultados, utilizando o símbolo (S) quando o objeto de visualização se fez presente, (-) para quando não se fez presente, e em branco os casos em que não foi possível saber. Com relação à coluna **Resultados** são utilizadas as mesmas siglas⁹ do quadro 1 (Capítulo 4), lembrando que um grupo utilizou apenas AER, outro apenas AEV e o terceiro a integração das atividades. Este quadro foi construído para cada uma das sete publicações analisadas.

Quadro 2- Objetos de visualização nas atividades da publicação A.

R E S U L T A D O S	A T I V I D A D E	<i>Objeto de Visualização</i>															
		Nomes para o objeto	Variáveis descritivas	Equações do modelo	Interpretação	Diagrama esquemático	Tabela	Gráfico	Informação textual	Simbólico numérico	Pictórico	Animação	Simulação	Analogia	Realista	Interatividade	Domínio de validade
	AER	-	-	-	-	S	-	-	S	-	S	-	-	-	S	S	-

9 **INTG** – quando a integração apresenta melhores resultados que AEV ou AER; **V** – AEV apresenta bons resultados com ou sem a utilização integrada de AER; **EQ** – AEV apresenta os mesmos resultados que AER em isolado **IND** – todos os grupos de atividades obtiveram os mesmos resultados.

INTG	AEV	-	-	-	-	-	-	-	-	S	S	S	-	-	S	S	-
	AER + AEV	-	-	-	-	S	-	-	S	S	S	S	-	-	S	S	-

Fonte: Elaborado pela autora.

A integração das atividades experimentais (AER+AEV) ampliou o número de objetos de visualização fornecidos aos estudantes, e neste caso, pensando sob a ótica da visualização, estes são o ponto de partida para a visualização introspectiva, seguindo para a sua significação (visualização interpretativa). Assim a aprendizagem é favorecida, o que explica o resultado comparativo em que a integração se destaca. Cada atividade possui limitações na apresentação de aspectos visuais, e a integração possibilitou reduzir estas limitações quando elas são pensadas com objetivos claros.

Em relação à pesquisa de Zacharia e Olympiou (2011) – publicação B –, foi utilizada como base a sessão de Termodinâmica do livro *Physics by Inquiry* de McDermott (1996, p. 163-184) para conduzir a AER. Não se aplicando as análises referentes aos aspectos matemáticos pelos mesmos fatores apresentados com relação à publicação anterior. Os conceitos abordados foram temperatura, mudanças de temperatura, calor, transferência de calor, calor e calor específico, envolvendo também o ponto de ebulição da água. Cada um destes conceitos foi definido como uma secção de estudo, ao final da cada uma era aplicado um questionário. A fim de comparar resultados, foi aplicado um único questionário inicial antes de serem desenvolvidas as atividades abordando os conceitos.

A AER envolveu o uso de instrumentos reais (termômetro), objetos (aquecedores, copos e copos de isopor) e materiais (madeira, alumínio e água), para a construção de um sistema experimental em um laboratório de física convencional. O objetivo era abordar a mudança de temperatura da água, seu ponto de ebulição, o conceito de temperatura em si, e o conceito aplicado a diferentes materiais.

A atividade conduzida apresentou aos estudantes o *diagrama esquemático* de um termômetro com as temperaturas, *tabela* para serem

colocados os dados coletados da massa, tempo inicial e final, e a mudança de temperatura da água quente e fria (figura 8). São presentes também o OV *informação textual* (figura 8) e *simbólico numérico* através de valores dados em uma outra tabela. E ainda, propiciou aos estudantes a *interatividade* durante o desenvolvimento da atividade, ao registrar os dados, observar a mudança de estado da água, assim como o OV *realista* por utilizar objetos reais.

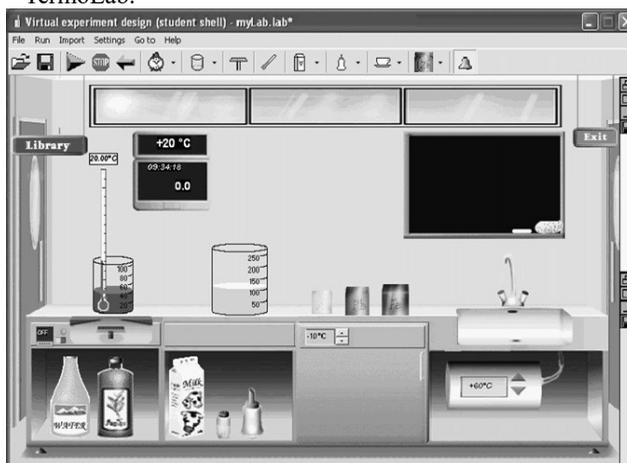
Figura 8- Atividade experimental real da publicação B.

Hot water				Cold water			
Mass	Initial temp.	Final temp.	Temp. change	Mass	Initial temp.	Final temp.	Temp. change

Fonte: McDermott, 1996 (p.170).

A AEV manteve a categoria de OV *simbólico numérico*, ao apresentar a temperatura da água, e ainda a *interatividade* com a atividade, pois os estudantes tinham acesso a iniciar e pausar a AEV utilizando os botões na barra de ferramentas, escolhendo até a que temperatura a água chegaria e por quanto tempo ela seria aquecida. Forneceu também o objeto de visualização *pictórico*, ao apresentar o líquido se movendo dentro do termômetro, relacionado ao aumento de temperatura da água. Assim como a *animação*, pois quando a água fervia, bolhas saiam do béquer, tendo em vista que um dos objetivos da atividade era discutir o ponto de ebulição da água, através das características percebidas visualmente pelo estudante (o surgimento de bolhas).

Figura 9- TermoLab.



Fonte: Zacharia e Olympiou, 2011.

Foi mantido também o aspecto *realista* do laboratório, o que auxilia o estudante a compreender o contexto em que esta trabalhando, pois associa uma realidade virtual ao domínio concreto (figura 9), e as atividades experimentais reais e virtuais não se tornam desconexas. O quadro 3 apresenta os objetos de visualização presentes e ausentes em cada atividade.

Quadro 3- Objetos de visualização nas atividades da publicação B.

R E S U L T A D O S	A T I V I D A D E	Objeto de Visualização													
		Nomes para o objeto	Variáveis descritivas	Equações do modelo	Interpretação	Diagrama esquemático	Tabela	Gráfico	Informação textual	Simbólico numérico	Pictórico	Animação	Simulação	Analogia	Realista

IND	AER	-	-	-	-	S	S	-	S	S	-	-	-	-	S	S	-
	AEV	-	-	-	-	-	-	-	-	S	S	S	-	-	S	S	-
	AER + AEV	-	-	-	-	S	S	-	S	S	S	S	-	-	S	S	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Neste caso, apesar de a integração ter apresentado um número maior de objetos de visualização em comparação às atividades em isolado (AER e AEV), o resultado comparativo entre os grupos foi indiferente (IND). Se pensarmos nas discussões de visualização, o objetivo de utilizar um OV e ao que se pretende relacionar com o modelo didático, são aspectos fundamentais no momento de delinear as atividades.

Assim, neste caso da publicação B, os objetos foram associados a características visuais do modelo didático, ao qual os estudantes têm acesso no mundo real, deixando de lado outros aspectos que poderiam ser explorados, como por exemplo as moléculas. Um objeto de *animação* de uma molécula, por exemplo, poderia ser bem mais eficaz para a compreensão de temperatura, do que a mudança de nível em um termômetro. Por este motivo é fundamental ter claro o propósito de usar um determinado OV, e ao que ele está sendo relacionado, para que o estudante compreenda um modelo didático.

Sarabando, Caravino e Soares (2014) – publicação C –, abordaram os conceitos de peso e massa, ressaltando a diferença assim como a relação entre ambos. O objetivo era fazer com que os estudantes compreendessem que o peso é uma relação entre a massa e a ação gravitacional, enquanto a massa é uma característica intrínseca ao corpo e que permanece inalterada, independente de ações externas.

Para isso, durante as atividades experimentais, os estudantes tinham de responder as seguintes questões: 1) Qual relação entre o peso e a massa de um corpo; 2) Como o peso de um corpo se relaciona com a massa do planeta onde está; 3) Identificar as principais diferenças entre os dois conceitos (massa e peso).

Os estudantes tiveram de responder as questões com base nas observações das atividades experimentais, sendo que um grupo utilizou apenas AER, o outro apenas AEV, e o terceiro ambas as atividades. Através do que é explicitado na publicação C, não é possível definir se houve a abordagem matemática relacionada aos conceitos do tema tratado. Os dados da pesquisa foram coletados por meio de pré e pós-teste, analisados com base no nível de conhecimento apresentado pelos estudantes nas respostas dadas às questões supracitadas.

O desenvolvimento da AER envolveu o uso de instrumentos de medição (balança de feixe e dinamômetros) e objetos com massas diferentes. Não foram fornecidos maiores detalhes sobre os passos da atividade na publicação, apenas que os estudantes tiveram de realizar as medidas o que remete ao OV *interatividade*, assim como o uso de objetos reais ao *realista*.

Em relação a AEV usada, denominada pelos autores como "peso e massa", a modelagem computacional foi desenvolvida por meio do *software* Modellus e envolveu medições e observações do peso e da massa em outros planetas. Não foi disponibilizada figura sobre a modelagem na publicação, apenas uma breve descrição sobre a atividade no momento da discussão dos resultados, com alguns detalhes do que era visto pelos estudantes.

“Quando eles estavam usando a simulação de computador, eles podiam ver uma tabela com os valores do peso de um corpo em três planetas (Terra, Mercúrio e Júpiter) e na lua e, simultaneamente, eles podiam ver a representação do vetor de peso em cada um desses Planetas [...] . Por exemplo, quando mudaram o valor de massa do corpo, puderam ver o que aconteceu com o peso do corpo em cada um dos planetas (representação vetorial no planeta e respectivo valor na tabela)” (SARABANDO, CARAVINO e SOARES, 2014, p. 119)

Partindo do que foi apresentado na citação, é possível pensar em seis objetos de visualização que foram apresentados por meio da AEV, sendo, a *tabela* com o valor do peso do corpo na Terra, Lua, em

Júpiter e Mercúrio, e a *interatividade* que os estudantes tinham com a atividade. A *simulação*, pois os estudantes tinham acesso a fórmula do modelo didático, que relaciona peso, massa e aceleração gravitacional, e podiam alterar os seus parâmetros iniciais ao fazerem testes mudando o valor da massa do corpo. O OV *simbólico numérico* (dados da tabela) e *pictórico* (vetor da força peso), utilizados para representar a mudança do peso do corpo de acordo com a mudança de planeta ou do valor de sua massa.

Neste cenário, a atividade utilizou o *domínio de validade* do modelo didático, ao fazer previsões em outros contextos que não apenas a Terra, assim os estudantes puderam perceber que a massa permanecia igual independente do planeta em que estava, se comportando de maneira oposta ao peso, que apresentava valores diferentes. Os objetos de visualização explorados em cada atividade estão apresentados no quadro 4, lembrando que (S) é a presença, (-) é a ausência e em branco os casos em que não é possível saber.

Quadro 4- Objetos de visualização nas atividades da publicação C.

R E S U L T A D O S	A T I V I D A D E	<i>Objeto de Visualização</i>														
		Nomes para o objeto	Variáveis descritivas	Equações do modelo	Interpretação	Diagrama esquemático	Tabela	Gráfico	Informação textual	Simbólico numérico	Pictórico	Animação	Simulação	Analogia	Realista	Interatividade
INTGeV	AER										-	-		S	S	-
	AEV						S		S	S		S			S	S
	AER + AEV						S		S	S		S		S	S	S

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o caso dos estudantes que realizaram ambas as atividades (real e virtual), ficava mais nítido ver a relação entre peso e massa, abordadas nas questões, pois estes se deparam com condições externas diferentes, com previsões em outros planetas do peso de um objeto de mesma massa. Ampliando o *domínio de validade* do modelo didático, pois mais aspectos são disponibilizados aos estudantes por meio dos testes realizados em outros planetas.

A atividade real foi o primeiro contato do estudante com o conceito de peso e massa e a relação entre eles. Este primeiro momento de abordagem do modelo do sistema de massa – gravidade – peso está relacionado apenas a Terra, e a diferenciação entre peso e massa não fica evidente. Quando a atividade virtual é inserida e o estudante passa a ter acesso a mais objetos de visualização que o possibilitam fazer testes para um corpo de massa única em outros planetas (diferentes gravidades), a relação entre os conceitos torna-se mais clara pois o modelo é explorado em seus limites (*domínio de validade*).

Assim a AEV possibilitou explorar um contexto inatingível através do mundo real. O resultado de que a AEV apresenta melhores resultados do que a AER pode estar associado a este fator, em que a modelagem ultrapassa os limites da AER. No entanto, os autores afirmam que a integração obteve resultados mais significativos do que as atividades em contextos separados, o que está relacionado ao fato de que a integração possibilitou a exploração de um número maior de objetos de visualização. Como mais objetos foram apresentados aos estudantes, eles tiveram maiores subsídios para responder às três questões sobre os conceitos de peso e massa.

Trundle e Bell (2010) - publicação D – abordam em sua pesquisa o tema fases da Lua, o que remete a uma abordagem conceitual, assim como a própria base utilizada para as atividades (McDermott, 1996, p. 349 – 358). Neste caso o aspecto matemático não é abordado. As atividades desenvolvidas foram destinadas à observação da Lua dia a dia, durante o período de nove semanas. A diferença entre os grupos configurados na pesquisa está na fonte dos dados coletados, sendo, ou através de observações a olho nu (AER) ou pelo *software* Starry Night™ (AEV). No caso da integração das atividades (AER+AEV), o grupo utilizou por um período uma base e depois a

outra. Os dados registrados foram o horário e direção de observação, e a área não iluminada da Lua. A figura 10 apresenta a tabela completada durante as observações.

Os estudantes foram ensinados a observar e recolher as informações exigidas, assim como a operar o *software*. Para coleta de dados referente à aprendizagem dos estudantes, foram realizadas entrevista semiestruturada antes e após as atividades.

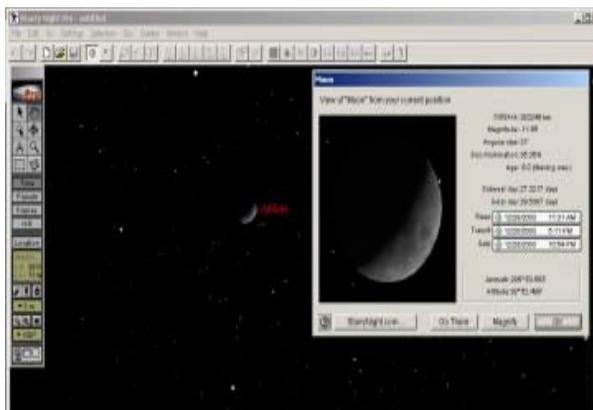
Figura 10- Tabela para o registro dos dados.

July 2009				Name _____			
S	M	T	W	T	F	S	S
			 1 Time <u>9:42 pm</u> Direction <u>S</u> Angle <u>—</u>	 2 Time <u>7:15 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	 3 Time <u>7:40 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	 4 Time <u>8:15 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	
 5 Time <u>12:41 pm</u> Direction <u>S</u> Angle <u>—</u>	 6 Time <u>11:09 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	 7 Time <u>11:06 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	 8 Time <u>11:54 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	 9 Time <u>6:03 am</u> Direction <u>SW</u> Angle <u>—</u>	 10 Time <u>5:51 am</u> Direction <u>SSW</u> Angle <u>—</u>	 11 Time <u>5:35 am</u> Direction <u>SSW</u> Angle <u>—</u>	
 12 Time <u>7:48 am</u> Direction <u>SW</u> Angle <u>—</u>	 13 Time <u>9:45 am</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	 14 Time <u>5:24 am</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	 15 Time <u>5:24 am</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>—</u>	 16 Time <u>5:24 am</u> Direction <u>ESE</u> Angle <u>—</u>	 17 Time <u>5:24 am</u> Direction <u>E</u> Angle <u>—</u>	 18 Time <u>5:24 am</u> Direction <u>E</u> Angle <u>—</u>	
 19 Time <u>5:24 am</u> Direction <u>ENE</u> Angle <u>—</u>	 20 Time <u>7:54 am</u> Direction <u>E</u> Angle <u>24°</u>	 21 Time _____ Direction _____ Angle _____	 22 Time _____ Direction _____ Angle _____	 23 Time <u>8:44 pm</u> Direction <u>W</u> Angle <u>26°</u>	 24 Time <u>8:24 pm</u> Direction <u>W</u> Angle <u>40°</u>	 25 Time <u>12:06 pm</u> Direction <u>ESE</u> Angle <u>50°</u>	
 26 Time <u>1:27 pm</u> Direction <u>ESE</u> Angle <u>64°</u>	 27 Time <u>2:36 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>77°</u>	 28 Time <u>4:15 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>89°</u>	 29 Time <u>5:21 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle <u>101°</u>	 30 Time <u>5:21 pm</u> Direction <u>SE</u> Angle _____	 31 Time <u>9:39 pm</u> Direction <u>S</u> Angle _____		

Fonte: Trundle e Bell, 2010.

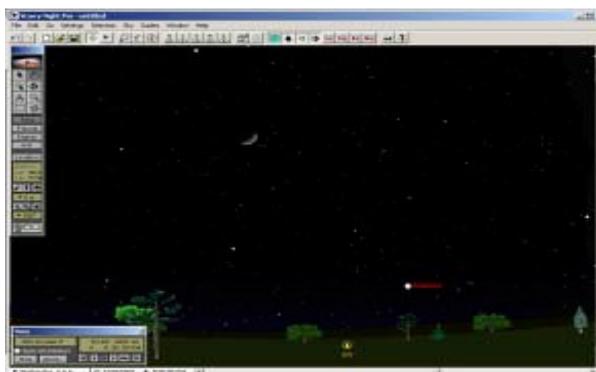
A AEV utilizada é apresentada em outra publicação dos autores (Trundle e Bell, 2003), citada para mais detalhes e está apresentada nas figuras 11 e 12.

Figura 11- Starry Night, enfoque na Lua.



Fonte: Trundle e Bell, 2003.

Figura 12- Starry Night.



Fonte: Trundle e Bell, 2003.

Ambas as atividades disponibilizaram aos estudantes os mesmos objetos de visualização sobre o modelo estudado. O objeto de visualização *tabela* foi utilizada tanto para AER como para AEV (figura 10), assim como o *simbólico numérico*, *informação textual* e o *pictórico* (círculo para representar a Lua). Foi mantido também o OV *realista* e a *interatividade*. Deste modo, não são explorados diferentes OV nas atividades, não sendo exigido do estudante transitar entre estes, o que pode caracterizar o resultado indiferente (IND) apontado pelos autores. O quadro 5 mostra os objetos de visualização explorados e o resultado comparativo entre grupos definidos pelo uso das atividades.

Quadro 5- Objetos de visualização nas atividades da publicação D.

R E S U L T A D O S	A T I V I D A D E	Objeto de Visualização															
		Nomes para o objeto	Variáveis descritivas	Equações do modelo	Interpretação	Diagrama esquemático	Tabela	Gráfico	Informação textual	Simbólico numérico	Pictórico	Animação	Simulação	Analogia	Realista	Interatividade	Domínio de validade
IND	AER	-	-	-	-	-	S	-	S	S	S	-	-	-	S	S	-
	AEV	-	-	-	-	-	S	-	S	S	S	-	-	-	S	S	-
	AER + AEV	-	-	-	-	-	S	-	S	S	S	-	-	-	S	S	-

Fonte: Elaborado pela autora.

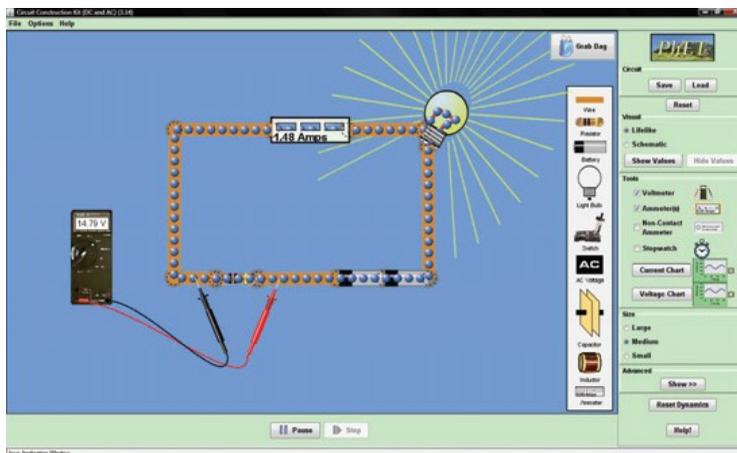
No caso da publicação D, os objetos de visualização não foram bem explorados através da AEV. Oferecer uma *animação*, por exemplo, do sistema Terra-Lua-Sol, apresentando o movimento de rotação da Lua e da Terra, poderia auxiliar na visualização interpretativa dos fatores que levam a ocorrência do fenômeno estudado, tornando o OV mais eficaz, o que influenciaria no resultado final.

Farrokhnia e Esmailpour (2010) – publicação E – tiveram como objetivo trabalhar circuitos elétricos utilizando um manual de instruções entregue aos estudantes, caracterizando o OV *informação textual*. No entanto, não foram disponibilizados detalhes sobre o manual em si, o que interferiu na análise da presença ou ausência de outros objetos.

Com relação às etapas da AER, fica claro apenas que os estudantes montaram os circuitos (*interatividade*) utilizando objetos reais (*realista*). Os resultados de aprendizagem foram coletados através de pré e pós-teste, somado a um teste de habilidade em montar circuitos.

Não se sabe as etapas e tarefas que foram realizadas AEV, no entanto, pela figura 13 é possível destacar a presença de alguns objetos de visualização.

Figura 13- Circuit Construction Kit (CCK) do PhET.



Fonte: Farrokhnia e Esmailpour, 2010.

Com base na figura 13, é possível destacar o OV *simbólico numérico* e *informação textual*, utilizados para apresentar o valor da corrente (1,48 Amps) e o valor da tensão (14,29 V) do circuito estudado. O objeto de visualização *realista* caracterizado pela lâmpada e o

equipamento de medida, e o *analogia* por utilizar esferas azuis para configurar os elétrons. Foi fornecido também o objeto *animação*, relacionado ao movimento dos elétrons (esferas azuis), que podia ser iniciado e parado pelos estudantes (*interatividade*) por meio do botão *pause*, abaixo do circuito. E ainda o *pictórico* relacionado aos traços amarelos saindo da lâmpada, correspondendo a iluminação (raios luminosos). O quadro abaixo apresenta os objetos de visualização por atividade.

Quadro 6- Objetos de visualização nas atividades da publicação E.

R E S U L T A D O S	A T I V I D A D E	<i>Objeto de Visualização</i>															
		Nomes para o objeto	Variáveis descritivas	Equações do modelo	Interpretação	Diagrama esquemático	Tabela	Gráfico	Informação textual	Simbólico numérico	Pictórico	Animação	Simulação	Analogia	Realista	Interatividade	Domínio de validade
INTG e EQ	AER				-				S			-	-		S	S	-
	AEV	-	-	-	-	-	-	-	S	S	S	S	-	S	S	S	-
	AER + AEV				-				S	S	S	S	-	S	S	S	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados apresentados pelos pesquisadores com relação à utilização das atividades experimentais real e virtual, mostram que estas, em isolado, foram equivalentes quanto à aprendizagem final dos estudantes, no entanto a integração ainda se destaca. Porém, não é possível afirmar neste caso quantos objetos de visualização foram utilizado no total, para destacar sua influência, pois não são explicitadas muitas informação sobre a AER.

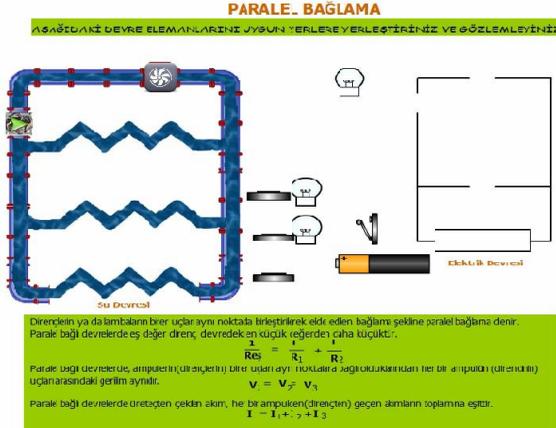
Ünlü e Dökme (2011) – publicação F – abordaram também o conteúdo de circuitos elétricos, trabalhando os conceitos de corrente, tensão e resistências (Lei de Ohm). Os dados da pesquisa foram coletados por meio de pré e pós-teste, desenvolvido pelos autores, com 24 questões de múltipla escolha.

Para a realização da AER foram utilizadas bateria, lâmpada de bulbo, chave, amperímetro, voltímetro e fios de conexão para construir circuitos. O objetivo era que os estudantes compreendessem as mudanças que ocorriam quando as lâmpadas eram conectadas em série, utilizadas para abordar o conceito de resistência. As instruções referentes às etapas foram descritas durante o desenvolvimento da atividade, no entanto os autores não especificam essas orientações na publicação. Mas os estudantes montaram os circuitos, o que fornece o OV *interatividade*, assim como o *realista*, por manusearem objetos reais como a lâmpada, a bateria, os objetos de medição.

A AEV era composta por dois circuitos, um utilizando bateria (pilha), lâmpada de bulbo, cabo de conexão, chave, amperímetro e voltímetro (circuito 1). O outro era um circuito de água ligado a uma bomba (circuito 2). O objetivo era fazer com que os estudantes realizassem medições da intensidade da corrente elétrica e observassem as mudanças nos circuitos aumentando o número de baterias no circuito 1 e a potência da bomba de água no circuito 2. No caso do primeiro circuito os estudantes perceberiam a alteração no brilho da lâmpada, e no segundo a alteração no fluxo da água, ambos relacionados à modificação na intensidade da corrente.

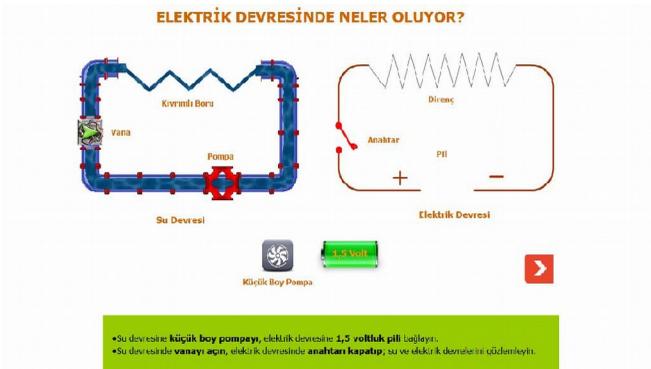
Os estudantes podiam acelerar e retardar os circuitos usando o *mouse*, o que caracteriza a exploração do objeto de visualização *interatividade*. As figuras 14 e 15 retratam a AEV utilizada.

Figura 14- Electricity Analogy-based Simulation Tool (EAST).



Fonte: Ünlü e Dökme, 2011.

Figura 15- Electricity Analogy-based Simulation Tool (EAST).



Fonte: Ünlü e Dökme, 2011.

Partindo da figura 14, é possível destacar no quadro abaixo dos circuitos 1 e 2, as equações do modelo didático, compreendido aqui como o OV *equações do modelo*, no qual se fazem presentes as *variáveis descritivas*, relacionadas às características e propriedades do circuito, como a resistência e a corrente, e ainda a associação das resistências. E também, os *nomes para o objeto*, que neste caso são os circuitos, e *interpretação*, presente nas relações entre corrente, resistência e tensão. Somam ainda os objetos *informação textual* e *simbólico numérico* presentes na pilha na figura 15.

São emprestados aos estudantes os objetos de visualização *realista*, relacionada à apresentação da pilha; *animação* do fluxo de água no circuito 1 (à esquerda na figura 14); *diagrama esquemático* sobre o circuito 2, relacionado às lâmpadas (lado direito na figura 15). A abordagem do *diagrama esquemático* se torna bastante relevante pois apresenta aos estudantes as convenções contidas nos modelos didáticos de ensino de ciências, como os sinais de mais e menos sinalizando a diferença de potencial e a resistência retratada pelo conjunto de retas postas em zigue-zague. Estes aspectos fazem com que os estudantes desenvolvam o pensar científico através da visualização introspectiva/interpretativa, o que torna a exploração dos objetos fundamental. O quadro 7 apresenta o panorama dos objetos de visualização.

Quadro 7- Objetos de visualização nas atividades da publicação F.

R E S U L T A D O S	A T I V I D A D E	Objeto de Visualização													
		Nomes para o objeto	Variáveis descritivas	Equações do modelo	Interpretação	Diagrama esquemático	Tabela	Gráfico	Informação textual	Simbólico numérico	Pictórico	Animação	Simulação	Analogia	Realista
	AER								S	-	-		S	S	-

INTG	AEV	S	S	S	S	S	-	-	S	S	-	S	-	-	S	S	-
	AER + AEV	S	S	S	S	S			S	S		S	-		S	S	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação aos resultados de aprendizagem apresentado pelos autores, a integração se mostra favorável frente ao contexto de utilização das atividades em separado. O fato de não ter acesso a mais detalhes sobre a condução da atividade experimental real, não possibilita afirmar com certeza que o número de objetos de visualização se torna maior quando a integração é aplicada. No entanto, a condução e exploração dos objetos de visualização foi um fator positivo que influenciou os resultados, pois a AEV explorou não apenas o circuito trabalhado na AER mas também um novo circuito (fluxo de água dependendo de uma bomba), o que possibilitou aos estudantes observar uma mesma característica (modificação na intensidade da corrente) em duas situações diferentes.

Mendes (2009) – publicação G – abordou o movimento retilíneo uniforme (MRU), movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) e o princípio fundamental da dinâmica. A pesquisa contou com o estudo de três objetos diferentes, sendo uma bola (AEV), um foguete (AER e AEV) e voo do avião (AER e AEV). Segundo o autor

“O objetivo das atividades experimentais, de modelagem e simulação computacional foi o de se identificar os parâmetros e as variáveis que influenciam determinado fenômeno, no caso as atividades experimentais com foguete e o avião, analisar como essas grandezas se relacionam e fazer uma comparação entre os resultados obtidos nas atividades práticas, de modelagem e simulação computacional com o que é mostrado nos livros didáticos [...]” (MENDES, 2009, p. 76).

A preocupação em estabelecer relações entre os objetos e o modelo didático é o foco da pesquisa, porém em uma perspectiva diferente das apresentadas nas publicações de atividade experimental no ensino de ciências (Capítulo 2). A abordagem é conduzida e direcionada no sentido de construir passo a passo o modelo didático das atividades, configurando um outro papel educacional que estas podem assumir. A relação que se estabelece entre a prática e a teoria não está voltada para a confirmação e verificação, e sim em auxiliar progressivamente na construção de esquemas junto ao estudante (visualização introspectiva/interpretativa).

Os dados dos resultados de aprendizagem foram coletados por meio de pré e pós-teste, com 25 questões de múltipla escolha retiradas de questionários validados.

Com relação a AER, os estudantes desenvolveram mais de uma atividade, sendo: o lançamento de um foguete feito de PET, e comportamento da asa de um avião em um tubo de ar. Em relação ao lançamento do foguete de PET, os estudantes realizaram três tipos de lançamentos: 1) verticais mantendo a pressão constante e variando a quantidade de água (100mL, 400mL, 600mL, 1500mL); 2) oblíquos mantendo a pressão e o ângulo constante e variando a quantidade de água (100mL, 400mL, 600mL, 1500mL); 3) oblíquos mantendo a pressão e a quantidade de água (600mL) constante variando o ângulo (30°, 45° e 60°). O objetivo era estudar o lançamento vertical e oblíquo, e sua relação com o empuxo.

A especificação dos parâmetros remete o OV *simbólico numérico*, assim como a execução dos lançamentos feitos pelos estudantes caracteriza a *interatividade*. A garrafa PET, neste contexto, foi utilizada como *analogia* a um foguete real. O *domínio de validade* do modelo foi testado, tendo em vista que o lançamento ocorreu em condições com atrito, e ao abordarmos o movimento oblíquo na física esta variável é desprezada. Assim os estudantes puderam observar a aplicação do modelo didático em uma situação real.

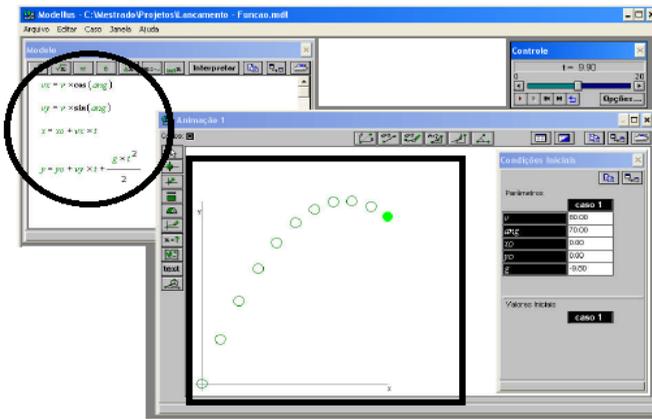
Em relação à atividade desenvolvida com o terceiro objeto, foi construído um perfil da asa de um avião e colocado dentro de um tubo feito de garrafa PET. Os estudantes tiveram que: i) estabelecer um fluxo de ar no interior da garrafa e observar o comportamento do perfil da asa;

ii) estabelecer um fluxo de ar na parte frontal da asa ligada ao painel hidrostático e observar o líquido no interior do vaso; iii) estabelecer um fluxo de ar perpendicular e observar o líquido no vaso. O objetivo era abordar os conceitos como força peso, de arraste, o empuxo e a sustentação, que explicam o voo do avião.

Neste contexto também é caracterizada a *interatividade*, assim como o OV *realista*, por manusearem objetos reais. Na publicação não são especificados os passos do desenvolvimento das atividades, o que acaba limitando a análise dos objetos de visualização oferecidos aos estudantes.

As AEVs foram desenvolvidas no *software* livre Modellus, que possibilita modelagens interativas, com padrões de equações e fórmula pré-configurados, que no contexto da publicação G foram explorados. Para iniciar as atividades experimentais virtuais e modelar o lançamento do foguete, o autor iniciou a abordagem do lançamento oblíquo de uma bola (figura 16). Os estudantes tinham de realizar lançamentos: 1) verticais variando a velocidade inicial; 2) oblíquos mantendo o ângulo constante e variando a velocidade inicial; 3) oblíquos com velocidade inicial constante e variando o ângulo.

Figura 16- Modelagem de lançamento oblíquo de um objeto.



Fonte: Adaptada de Mendes, 2009.

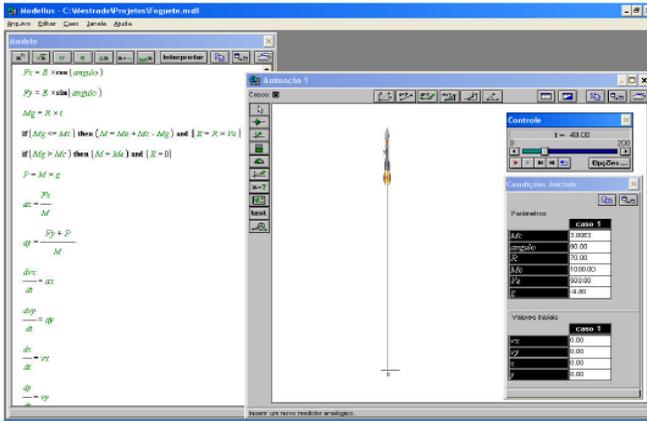
Direcionando o olhar para a figura 16, é possível destacar a presença dos objetos de visualização: *nome para o objeto*, *variáveis descritivas* (posição, velocidade) e *equações do modelo* (destacado no círculo na figura 15). A visualização do movimento da bola de acordo com as *equações do modelo* configura o *OV interpretação*, pois mostra a interação entre as variáveis descritivas do objeto. É utilizado também *simbólico numérico*, quando são definidos valores para as *variáveis descritivas*.

Em relação aos demais objetos de visualização, são apresentados também, *simulação* (destacado no quadrado na figura 16), considerando que os estudantes tinham acesso às equações matemáticas e aos parâmetros do movimento, *interatividade*, pois os estudantes alteravam parâmetros. A apresentação da bola como uma esfera maciça está relacionada ao objeto *analogia*, considerando que o formato desenhado é conhecido pelo estudante e retrata uma bola, no entanto não mantém todas as características da bola real, por este motivo não se caracteriza como *realista*.

Esta integração entre *equações do modelo* relacionando ao *OV simulação* em apenas uma tela, favorece a compreensão na relação entre os objetos de visualização relacionados ao modelo didático, devido à simultaneidade entre alterar os dados e visualizar o movimento.

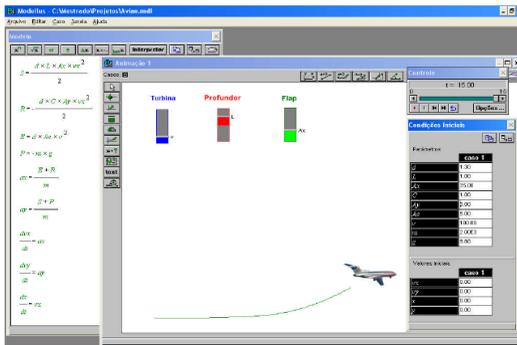
A AEV relacionada ao foguete e ao avião também apresentaram os quatro objetos de visualização explorados na atividade com a bola. A etapa da atividade com o foguete exigiu que os estudantes realizassem: i) lançamentos verticais variando o volume de água; ii) lançamentos oblíquos com ângulo constante, variando volume de água; iii) lançamentos oblíquos com volume de água constante, variando o ângulo. Em relação ao voo do avião, os estudantes tinham de decolar e aterrissar o avião, controlando a potência das turbinas (velocidade dos gases), regulando também os profundos e flaps (área das asas). Para isso era possível alterar as condições iniciais da massa do avião e coeficiente de resistência do ar. As figuras 17 e 18 apresentam o *layout* da AEV do foguete e do avião, respectivamente.

Figura 17- Modelagem do lançamento de um foguete.



Fonte: Mendes, 2009.

Figura 18- Modelagem da decolagem de um avião.



Fonte: Mendes, 2009.

Com base nas figuras 16 e 17, é possível destacar a presença de objetos de visualização *realista*, devido à utilização da imagem de um foguete e de um avião, e ainda a *analogia* ao apresentar um segmento de reta associado à trajetória do movimento. No caso do avião há ainda o OV *informação textual* para identificar os botões nos quais os estudantes modificavam os parâmetros. O quadro 8 mostra os objetos de visualização explorados pelas atividades desenvolvidas na pesquisa.

Quadro 8- Objetos de visualização nas atividades da publicação G.

R E S U L T A D O S	A T I V I D A D E	<i>Objeto de Visualização</i>															
		Nomes para o objeto	Variáveis descritivas	Equações do modelo	Interpretação	Diagrama esquemático	Tabela	Gráfico	Informação textual	Simbólico numérico	Pictórico	Animação	Simulação	Analogia	Realista	Interatividade	Domínio de validade
INTG	AER								S		-	-	S	S	S	S	
	AEV	S	S	S	S	-	-	-	S	S	-	-	S	-	S	S	S
	AER + AEV	S	S	S	S				S	S			S	S	S	S	S

Fonte: Elaborado pela autora.

O resultado apresentado por Mendes (2009) mostrou que a integração se destacou frente ao contexto da utilização das atividades em isolado, o principal aspecto que contribui para esse resultado é a união do OV *animação* e *equações do modelo*. Pois une em mesmo espaço tempo, dois objetos presentes no modelo didático comumente abordados em espaços separados, o que dificulta ao estudantes construir uma relação entre ambos, e conseqüentemente a transitar entre estes objetos. E ainda, a integração da AER a AEV possibilitou testar o *domínio de validade* do modelo didático, pois os estudantes se depararam com duas

situações, uma real e uma virtual. No caso da virtual, os parâmetros funcionam para além o *domínio de validade* do modelo didático, no entanto, na situação real não, pois fatores como o vento, estão presentes, o que modifica os resultados obtidos com base no modelo.

Para construir uma análise em panorama sobre as sete publicações analisadas, o quadro 9 reúne as informações referentes à presença e ausência dos objetos de visualização em cada publicação, relacionando os resultados comparativos de aprendizagem apresentados nas pesquisas. Relembrando que estes são apresentados da seguinte maneira:

- **INTG** – AER+AEV apresenta melhores resultados que AEV ou AER utilizadas em contextos de atividades separadas;
- **V** – AEV apresenta bons resultados com ou sem a utilização integrada de AER;
- **EQ** – AEV apresenta os mesmos resultados que AER quando utilizadas separadamente;
- **IND** – todos os métodos de atividades (AER+AEV, AEV ou AER) obtiveram os mesmos resultados;

Todas as publicações analisadas apresentam pelo menos três configurações de grupos de pesquisa, pois o objetivo era poder comparar os resultados obtidos entre: a aplicação de AER em isolado, apenas a utilização de AEV e a integração de ambas as atividades (AER + AEV). No quadro 9, serão utilizados para representar cada grupo respectivamente, 1, 2 e 3. No caso da pesquisa de Zacharia e Olympiou (2011) - publicação B -, o número 4 representa o grupo que também utilizou a integração das atividades, no entanto a AEV foi aplicada antes da AER. Lembrando que é utilizado o símbolo (S) quando o objeto de visualização se faz presente, e (–) para quando não se fez presente. Em branco estão os casos em que não foi possível saber se o OV estava presente nas atividades ou não.

Quadro 9- Relação entre resultados comparativos e objetos de visualização presentes nas atividades desenvolvidas nas pesquisas.

P U B L I C A Ç Ã O S	R E S U L T A D O S	G R U P O	<i>Objeto de Visualização</i>															
			Nomes para o objeto	Variáveis descritivas	Equações do modelo	Interpretação	Diagrama esquemático	Tabela	Gráfico	Informação textual	Simbólico numérico	Pictórico	Animação	Simulação	Analogia	Realista	Interatividade	Domínio de validade
A	INTG	1	-	-	-	-	S	-	-	S	-	S	-	-	S	S	-	
		2	-	-	-	-	-	-	-	S	S	S	-	-	S	S	-	
		3	-	-	-	-	S	-	-	S	S	S	S	-	-	S	S	-
B	IND	1	-	-	-	-	S	S	-	S	S	-	-	-	S	S	-	
		2	-	-	-	-	-	-	-	S	S	S	-	-	S	S	-	
		3	-	-	-	-	S	S	-	-	S	S	S	-	-	S	S	-
		4	-	-	-	-	S	S	-	-	S	S	S	-	-	S	S	-
C	INTG e V	1												S	S	-		
		2						S			S	S		S		S	S	S
		3						S			S	S		S		S	S	S
D	IND	1	-	-	-	-	-	S	-	S	S	S	-	-	-	S	S	-
		2	-	-	-	-	-	S	-	S	S	S	-	-	-	S	S	-
		3	-	-	-	-	-	S	-	S	S	S	-	-	-	S	S	-
E	INTG e EQ	1				-				S			-	-		S	S	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	S	S	S	S	-	S	S	S	-
		3				-				S	S	S	S	-	S	S	S	-
F		1								S		-	-		S	S	-	

G	INTG	2	S	S	S	S	S	-	-	S	S	-	S	-	-	S	S	-	
		3	S	S	S	S	S			S	S		S	-		S	S	-	
	INTG	1								S		-	-	S	S	S	S		
		2	S	S	S	S	-	-	-	S	S	-	-	S	-	S	S	S	
		3	S	S	S	S				S	S			S	S	S	S	S	

Fonte: Elaborado pela autora.

É possível observar entre as pesquisas destacadas em cinza, no quadro 9 (publicações A, B e D), a relação entre os resultados de aprendizagem obtidos e os diferentes objetos de visualização explorados em cada atividade. Nos casos em que a integração de atividades apresentou resultados de aprendizagem indiferente (publicação D), ambas as atividades (AER e AEV) ofereceram aos estudantes os mesmos objetos, ou apenas um a mais no momento da integração (publicação B). O oposto da publicação A, que explora diferentes objetos de visualização em cada uma das atividades, e a integração da AER a AEV resulta em melhores resultados, pois proporciona ao estudante visualizar mais objetos, favorecendo a visualização introspectiva/interpretativa ao passo que desenvolve as atividades.

Em um panorama, é possível destacar que as diferentes atividades experimentais, reais e virtuais, subsidiam a apresentação de distintos objetos de visualização. A utilização das AER e AEV em contexto integrado, ampliam a exploração dos objetos de visualização relacionados a um mesmo modelo didático. Este aspecto favorece a visualização por parte do estudante, pois contribui para a visualização introspectiva do modelo que está por trás da atividade experimental, e consequentemente para a visualização interpretativa, ou seja, para a significação dos objetos.

Entende-se que este o processo de significação e internalização de um modelo didático acontece por meio da construção de esquema, e que esse desenvolvimento ocorre de modo gradual, a organizar, somar e reorganizar os elementos. Esses elementos são os próprios objetos de visualização.

Quanto mais objetos de visualização os estudantes compreendem, mais facilmente eles conseguirão visualizar um modelo didático. No entanto, os estudantes precisam conhecer primeiro os objetos para depois relacioná-los. As relações entre os OV ocorre de modo gradual, é preciso que novos objetos de visualização sejam apresentados aos estudantes progressivamente, para que depois passem a interagir. A integração de atividades experimentais (reais e virtuais), é uma abordagem didática que possibilita essa inserção de novos objetos de visualização ao longo da prática, resgatando objetos já conhecidos e somando novos, o que acompanha a construção de esquemas.

Ao passo que os estudantes reconhecem mais facilmente os objetos de visualização, mais naturais se tornam as relações e transições entre estes no processo de ensino.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de ciências tem por objetivo levar aos estudantes diferentes modelos didáticos. O processo de significação destes é que se apresenta atualmente como barreira para alcançar os objetivos de ensino devido ao nível de abstração necessário para a internalização dos conhecimentos. Assim, as atividades pedagógicas devem ser pensadas para auxiliar a construção de esquemas.

O ensino conta com a percepção e visualização por parte dos estudantes. Esse processo é inerente ao ser humano, inconscientemente visualizamos e significamos objetos em nossa cognição. Durante nossa vida construímos diferentes visualizações individuais, mesmo que tenhamos a mesmas experiências visuais. No entanto, no ensino o objetivo é internalizar modelos didáticos que compreendem uma gama de características, como equações do modelo, diagramas esquemáticos, analogias e outros. As atividades precisam ser pensadas e direcionadas para que os estudantes entendam estes aspectos, entendidos pela visualização como objetos de visualização.

Apesar das limitações relacionadas ao acesso de detalhes sobre a aplicação das atividades de algumas publicações, a partir das reflexões feitas sobre a integração das atividades experimentais reais e virtuais sob a ótica da visualização, pode-se perceber que as publicações A e D, com resultados melhores referentes à integração para A e indiferente para D, confirmam nossa hipótese. A AER e AEV possibilitam oferecer aos estudantes diferentes e limitados objetos de visualização, e a integração se torna favorável quando cada atividade explora diferentes objetos. Ou seja, é possível inferir que o uso didático de múltiplos objetos de visualização a partir da integração de atividades reais e virtuais no processo instrucional, dão maiores subsídios para os estudantes construírem esquemas (visualização introspectiva/interpretativa) referentes aos modelos didáticos estudados.

O uso de múltiplos objetos de visualização favorece o processo de aprendizagem no ensino de ciências, tendo em vista que a visualização introspectiva/interpretativa desponta destes objetos. A visualização se mostra uma perspectiva possível para se pensar na condução de abordagens que utilizem esta exploração, assim como

pensar nos objetivos das atividades experimentais e em como conduzi-las no ensino. Isso é viável pois a visualização respalda os resultados obtidos nas pesquisas que integram as atividades reais e virtuais, objetivo traçado nesta pesquisa.

Através das reflexões feitas nesta pesquisa, se evidencia a relação entre múltiplos objetos de visualização e resultados favoráveis de aprendizagem ao se utilizar atividades experimentais integradas, indicando como possibilidade esta perspectiva para superar algumas as barreiras no ensino de ciências relacionadas à dificuldade dos estudantes em transitar entre diferentes maneiras de retratar um mesmo modelo didático.

Contudo, segmentos em relação à pesquisa podem ser desenvolvidos, apresentando mais indícios sobre as contribuições das atividades experimentais reais e virtuais sob a ótica da visualização no ensino de ciências. A busca por mais pesquisas que aplicaram a integração das atividades, e que apresentem o cenário aqui delimitado, possibilitaria ampliar as reflexões corroborando ou refutando as ideais discutidas com base na visualização.

Uma outra possibilidade é construir uma sequência didática utilizando AER e a AEV pensando nos objetos de visualização destacados, utilizando os adequados para o objetivo de ensino e o tema trabalhado, mantendo a configuração de três grupos de pesquisa (AER, AEV e AER+AEV) para posterior comparação. E, assim, buscar saber se o coeficiente de ganho entre os grupos obteve dados mais significativos frente as pesquisas já conhecidas. Os resultados encontrados podem apresentar maiores indícios da influência dos objetos de visualização para o ensino de ciências em atividades experimentais.

Para isso, pode-se buscar conhecer os esquemas que os estudantes possuem antes da aplicação das atividades, e após, para estabelecer uma relação entre os OV oferecidas nas atividades e as modificações presentes nos esquemas dos estudantes, para buscar compreender como os objetos de visualização efetivamente se constituem no processo de ensino.

Contudo, as pesquisas que buscam integrar as atividades experimentais (reais e virtuais), abrem novos horizontes para o ensino

de ciências, no sentido de compreender o papel destas atividades pedagógicas como objeto de ensino que auxilia na construção do modelo didático a partir da exploração de objetos de visualização.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Vol.17, n.2, p. 174-182. 2000.
- AJREDINI, F.; IZAIRI, N.; ZAJKOV, O. Real Experiments versus Phet Simulations for Better High-School Students' Understanding of Electrostatic Charging. **European J of Physics Education**. Vol. 5. 2013.
- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 25, n. 2, p. 176-194. 2003.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos às tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 4, n. 3, p. 5-18. 2004
- BEVILACQUA, G. D.; COUTINHO-SILVA, R. O ensino de Ciências na 5ª série através da experimentação. **Ciências & Cognição**. Vol. 10, p. 84-92. 2007.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 19, n. 3: p. 291-313. Dezembro, 2002.
- CHANG RUNDGREN, Shu-Nu; YAO, Bao-Jun . Visualization in research and science teachers' professional development. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**. Vol.15, Issue 2, Article 2. 2014.
- CHIU, J. L.; DEJAEGHER, C. J.; CHAO, J. The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students' understanding of gas properties. **Computers & Education**. Vol. 85, p. 59-73. 2015.
- CONSTANTINO, E. S. C. L.; BORGES, I. C.; BARROS, M. A. M.; DIAS, M. C. L. Uso de simulação e experimentação no ensino de

ciências. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2003.

COQUIDÉ, M. Um olhar sobre a experimentação na escola primária francesa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 10, n. 1, p. 1-18. 2008.

DORI, Y. J.; BARAK, M. Virtual and physical molecular modeling: Fostering model perception and spatial understanding. **Educational Technology & Society**. Vol. 4, n.1, p. 61-74. 2001.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. A integração entre atividades computacionais e experimentais: um estudo exploratório no ensino de circuitos cc e ca em física geral. **Ciência & Educação**. Vol.18, n.1. Bauru, 2012.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de Eletromagnetismo em Física Geral**. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.

EINSTEIN, A. **Como vejo o mundo**. Tradução de H. P. de Andrade. Ed. Nova Fronteira, 11ª edição. Rio de Janeiro, 1981.

FARROKHNIA, M. R., ESMAILPOUR, A. A study on the impact of real, virtual and comprehensive experimenting on students' conceptual understanding of DC electric circuits and their skills in undergraduate electricity laboratory. **Procedia Social and Behavioral Sciences**. Vol. 2, p. 5474–5482. 2010.

FERREIRA, J. C. D.; LOPES, R. P.; SOCHA, R. R.; FEITOSA, E. A apresentação de circuitos elétricos e seus respectivos conceitos da Física através da experimentação real e virtual. **I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**. P. 503 – 515. 2009

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**. Vol.7, n.2, p.249-263. 2001.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vigotski. **Investigações em Ensino de Ciências**. 2005.

GILBERT, J. K. **Visualization in Science Education**. Springer. P. 1-319. 2005.

GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. **Visualization Theory and Practice in Science Education**. Springer. P. 1-319. 2008.

GIOPPO, C.; SCHEFFER, E. W. O.; NEVES, M. C. D. O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná. **Educar**. N. 14, p. 39-57. 1998.

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. **Ciência & Educação**. Vol. 11, n. 2, p. 279-304. 2005.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**. Vol. 31, n. 3, p. 198-202. 2009.

GUNHAART, A.; SRISAWASDI, N. Effect of integrated compute-based laboratory environment on student's physics conceptual learning of sound wave properties. **Social and Behavioral Sciences**. P. 5750 – 5755. 2012.

HEGARTY, M. Dynamic visualizations and learning: getting to the difficult questions. **Learning and Instruction**. Vol. 14, p. 343-351. 2004.

HEIDEMANN, L. A. **Crenças e atitudes sobre o uso de atividades experimentais e computacionais no Ensino de Física por parte de professores do Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado acadêmico em

Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. **Am. J. Phys.** Vol. 55 (5), p. 440-454. Maio, 1987.

HOHENFELD, D. P.; PENIDO, M. C. Laboratórios convencionais e virtuais no ensino de Física. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.** 2009.

JÚNIOR, W. E. F.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química Nova na Escola.** n. 30, p. 34-41. 2008.

KARSAKOV, A.; BILYATDINOVA, A.; BEZGODOV, A. Improving Visualization Courses in Russian Higher Education in Computational Science and High Performance Computing. **Procedia Computer Science.** Vol. 66, p. 730–739. 2015.

KOLLÖFFEL, B.; JONG, T. Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: Combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab. **Journal of Engineering Education.** Vol. 102, p. 375–393. July, 2013.

LABURÚ, C. E. Seleção de experimentos de Física no Ensino Médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de Ciências.** Vol.10, p. 161-178. 2005.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, Bruno Gusmão. A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências.** Vol. 12, p.305-320. 2007.

LIMA, B. T. S. **Ensino de química baseado no uso da experimentação formal e digital no ensino médio.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Departamento de Química. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. 2014.

MARSULO, M. A. G.; SILVA, R. M. G. Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciências.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 4, n.3. 2005.

MATOS, M. G.; VALADARES, J. O efeito da atividade experimental na aprendizagem da ciência pelas crianças do primeiro ciclo do Ensino Básico. **Investigações em Ensino de Ciências.** Vol.6, p. 227-239. 2001.

MCDERMOTT, L. **Physics by inquiry: an introduction to physics and the physical sciences**, vol. 2. New York: John Wiley & Sons, 1996.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** Vol. 24, n. 2. Junho, 2

MENDES, J. F. **O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de Mecânica sob a perspectiva da aprendizagem significativa.**

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília. 2009.

MENDES, J. F.; COSTAL, I. F.; SOUSA, C. M. S. G. O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** Vol. 34, n. 1, p. 2402. 2012.

MNGUNI, **The theoretical cognitive process of visualization for science education.** SpringerPlus 2014

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de Método Científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física.** Vol.10, n.2, p.108-117. 1993.

MUHAMMAD, H. H.; FACCHINI, G.; BEDIN, G. B.; BARCELLOS, M. P. Quebrando a Barreira entre Simulação e Experimentação Prática em Redes de Computadores. **XXII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores.** P. 87-100. 2004.

PAZ, A. M. **Atividades experimentais e informatizadas: contribuições para o ensino de eletromagnetismo.** Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. 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.** Vol. 9, n.1. 2009.

PHILLIPS, L. M.; NORRIS, S. P.; MACNAB, J. N. **Visualization in Mathematics, reading and science education.** Springer. P. 3-105. 2010.

PICHI JÚNIOR, W.; HERNANDEZ, L. F.; LIMA, R. R.; SILVA, M. L. P. Sugestões para a Correlação Entre Simulação e Experimentação no Ensino em Área Tecnológica. Disponível em <http://www.cps.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/anais/2010/trabalhos/gestao-e-desenvolvimento-de-tecnologias-ambientais/trabalhos-completos/pichi-jr-walter.pdf>. Acesso em: setembro de 2015.

PINTO, B. D. L.; FERRACIOLI, L. A Integração de um Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo no Laboratório de Física Experimental. **IV Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem.** 2002.

POSNER, G. J., et al. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education.** Vol, 66, n. 2, p. 211-227. 1982.

RAMOS, L. B. C.; ROSA, P. R. S. O Ensino de Ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências.** Vol. 13, p.299-331. 2008.

REGINALDO, C. C.; SHEID, N. J.; GÜLLICH, R. I. C. O Ensino de Ciências e a experimentação. **IX ANPED – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul. Caxias do Sul.** 2012.

ROSA, P. R. S. O. Uso de Computadores no Ensino de Física. .Parte I: Potencialidades e Uso Real. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** Vol. 17, n. 2. 1995.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B.; PECATTI, C. Atividades experimentais nas séries iniciais: relato de uma investigação. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.** Vol.6, n.2, p. 263-274. 2007.

SARABANDO, C.; CAVINO, J. P.; SOARES, A. A. Contribuion of a computer simulation to stundents learning of the physics concepts of weight and mass.. **Procedia technology.** Vol.13, p.112 – 121. 2014.

SÉRÉ, Marie-Genevieve; CELHO, S. M.; NUNES, Antonio. D. O papel da Experimentação no Ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** Vol.20, n.1, p. 30-42. 2003.

SILVA, M. R. E.; CINTRA, E. P. Experimentação e simulações: contribuições para o ensino e aprendizagem das reações redox. **IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.** P. 1153-1159. 2013.

STAMENKOVSKI, S.; ZAJKOV, O. **European J of Physics Education.** Vol. 5. 2014

STUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciência e Cognição.** Vol. 14, p 50-74. 2009.

TONIATO, J. D.; FERREIRA, L. B.; FERRACIOLO, L. Tecnologia no Ensino de Física: Uma Revisão do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.** 171-2. 2006.

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

TRUNDLE, K.; BELL, R. L. Using Planetarium Software to Teach Standards-Based Lunar Concepts. **Technology Reviews**. Vol. 103, p. 397-401. Dezembro, 2003

TRUNDLE, K. C.; BELL, R. L. The use of a computer simulation to promote conceptual change: a quasi-experimental study. **Computer and education**. Vol. 54, p. 1078–1088. 2010.

ÜNLÜ, Z. K.; DÖKME, I. **The effect of combining analogy-based simulation and laboratory activities on turkish elementary school students' understanding of simple electric circuits**. TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology. Vol 10. October, 2011.

ÜNLÜ, Z. K.; DÖKME, I. The effect of three different teaching tools in science education on the students' attitudes towards computer. **Procedia Social and Behavioral Sciences**. Vol. 15, p. 2652–2657. 2011.

VAVRA, K. L. et al. Visualization in science education. **Alberta Science Education Journal**. Vol. 41, n. 1, p. 22-30. 2011.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, Sylvania Sousa do. A argumentação e o Ensino de Ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de Física do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. Vol. 8, p.187-209. 2003.

VINHOLES, M. V. D.; FERRONATO, M. F. M.; BICCA, N. R.; LORETO, S. C.; RODRIGUES, S. G.; BENTO, D. M.; MARTINS, T. L. C. O uso da experimentação associada a tecnologia como agente motivador do ensino e aprendizagem de química. **33º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ)**. 2013.

ZACHARIA, Z.C. Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual

understanding of electric circuits **Journal of Computer Assisted Learning**. Vol. 23, p. 120–132. 2007.

ZACHARIA, Z. C.; CONSTANTINOU, C. P. Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the Physics by Inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. **American Journal of Physics**. Vol. 76. 2008.

ZACHARIA, Z. C.; OLYMPIOU, G. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. **Learning and Instruction**. Vol. 21, p. 317-331. 2011

ZACHARIA, Z. C.; MICHAEL, M.; OLYMPIOU, G.; PAPASOZOMENOU, V. (2014). Blending physical and virtual manipulatives to improve primary school students' learning in physics. 2013, In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 16: Science in the primary school (co-ed. Editors of the strand chapter), (pp.2883-2989). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association. ISBN: 978-9963-700-77-6

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**. Vol..10, p.: 93-103. 2007.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no Ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**. Vol.13, n.3, p. 67-80. 2011.

APÊNDICE A – Informações sobre os artigos selecionados e enquadramento nas categorias.

Categorias	Publicação	Ano
Linguagem	VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. <u>A argumentação e o Ensino de Ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de Física do Ensino Médio</u> Investigações no Ensino de Ciências	2003
	ZANON, D. Ap V.; FREITAS, D <u>A aula de ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem</u> Ciências & Cognição	2007
Experimentação Investigativa	MATOS, M. G.; VALADARES, J. <u>O efeito da atividade experimental na aprendizagem da Ciência pelas crianças do primeiro ciclo do Ensino Básico</u> Investigações em Ensino de Ciências	2001
	ROSA, C. W.; ROSA, A. B.; PECATTI, C. <u>Atividades experimentais nas séries iniciais: relato de uma investigação</u> Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencia	2007
	BEVILACQUA, G. D.; SILVA, R. C. <u>O ensino de Ciências na 5ª série através da experimentação</u> Ciências & Cognição	2007
	JÚNIOR, W. E. F.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. <u>Experimentação Problematicadora: Fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de Ciências</u> Química Nova na Escola	2008
	GUIMARÃES, C. C. <u>Experimentação no ensino de Química: caminhos e</u>	2009

	<u>descaminhos rumo à Aprendizagem Significativa</u> Química Nova na Escola	
	STUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. <u>A manifestação de habilidades cognitivas em</u> <u>atividades experimentais investigativas no Ensino</u> <u>Médio de Química</u> Ciências & Cognição	2009
	ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. <u>Atividades investigativas no Ensino de Ciências:</u> <u>aspectos históricos e diferentes abordagens</u> Revista Ensaio	2011
Demonstração Experimental	GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. <u>Atividades experimentais de demonstração em sala</u> <u>de aula: uma análise segundo o referencial da teoria</u> <u>de Vigotski</u> Investigações em Ensino de Ciências	2005
Proposta de Abordagem(ns)	ALVES FILHO, J. P. <u>Regras da transposição didática aplicadas ao</u> <u>laboratório didático</u> Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2000
	BORGES, A. T. <u>Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências</u> Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2002
	ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. <u>Atividades Experimentais no Ensino de Física:</u> <u>diferentes enfoques, diferentes finalidades</u> Revista Brasileira de Ensino de Física	2003
	SÉRE, M.G.; COELHO, S. M. ; NUNES, A. D. <u>O papel da experimentação no Ensino de Física</u> Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2003
	MARSULO, M. A. G.; SILVA, R. M. G. <u>Os métodos científicos como possibilidade de</u> <u>construção de conhecimentos no Ensino de</u> <u>Ciências</u> Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencia	2005

Concepção dos professores	THOMAZ, M. F. <u>A experimentação e a formação de professores de Ciências: uma reflexão</u> Caderno Brasileiro de Ensino de Física	2000
	LABURÚ, C. E. <u>Seleção de experimentos de Física no Ensino Médio: uma investigação a partir da fala de professores</u> Investigações em Ensino de Ciências	2005
	LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. <u>A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no Ensino Médio</u> Investigações em Ensino de Ciências	2007
	RAMOS, L. B. C.; ROSA, P. R. S. <u>O ensino de Ciências: fatores intrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do Ensino Fundamental</u> Investigações em Ensino de Ciências	2008
	REGINALDO, C. C.; SHEID, N. J.; GÜLICH, R. I. C. <u>O ensino de Ciências e a Experimentação</u> Evento	2012
	Materiais	MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. <u>Sobre o ensino do método científico</u> Caderno Brasileiro de Ensino de Física
GIOPPO, C.; SCHEFFER, E. W. O.; NEVES, M. C. D. <u>O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná</u> Educar		1998

APÊNDICE B – Resultados comparativos das publicações analisadas.

Figura 19 - Tabela de resultados comparativa entre grupos da publicação B.

Table 2
Mean scores (and SD) of the control group (CG) and four experimental groups (EG) in each of the tests.

Group	H&T test	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
CG pre-test	34.1 (15.3)	19.8 (8.4)	33.1 (8.8)	24.0 (7.8)	30.8 (13.7)
CG post-test	44.6 (12.7)	52.0 (12.3)	54.8 (10.2)	36.2 (8.7)	55.1 (13.0)
EG1 pre-test	34.6 (11.7)	21.5 (8.9)	34.5 (7.6)	23.7 (8.4)	31.9 (11.0)
EG1 post-test	68.4 (14.0)	75.3 (12.6)	70.3 (10.2)	56.0 (13.9)	80.4 (19.3)
EG2 pre-test	33.1 (10.5)	18.0 (9.0)	32.2 (8.7)	25.1 (8.0)	34.0 (12.8)
EG2 post-test	68.9 (13.2)	74.8 (16.7)	69.0 (8.9)	57.2 (14.4)	79.7 (18.4)
EG3 pre-test	35.0 (15.1)	20.8 (8.8)	35.4 (7.5)	22.8 (7.8)	31.0 (12.3)
EG3 post-test	66.4 (16.4)	79.8 (15.7)	71.1 (12.4)	58.0 (12.2)	77.0 (17.4)
EG4 pre-test	34.8 (12.1)	21.4 (6.3)	35.0 (6.3)	24.5 (9.2)	29.6 (10.3)
EG4 post-test	65.3 (14.6)	75.1 (14.4)	70.7 (11.0)	58.7 (12.6)	80.0 (14.8)

Experimental Group 1 (EG1): participants used PME alone; Experimental Group 2 (EG2): participants used VME alone; Experimental Group 3 (EG3) participants used both PME and VME with VME preceding the use of PME; Experimental Group 4 (EG4): participants used both PME and VME with PME preceding the use of VME.

Fonte: Zacharia e Olympiou, 2011.

Figura 20 - Tabela de resultados comparativos entre grupos referente aos conceitos cientificamente aceitos da publicação B.

Table 4
The mean frequencies and standard deviations of SAC and SNAC conceptions in the five groups and in the five tests at the pre- and posttest.

Test	Conception	CG (n = 52)		EG1 (n = 56)		EG2 (n = 59)		EG3 (n = 33)		EG4 (n = 34)			
		Pre-tests		Post-tests		Pre-tests		Post-tests		Pre-tests		Post-tests	
		M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)		
H&T test	SAC	4.8 (2.1)	9.1 (3.1)	4.9 (1.6)	15.1 (3.5)	4.7 (1.5)	15.3 (3.3)	5.0 (2.1)	14.8 (4.1)	4.8 (1.7)	14.7 (3.4)		
	SNAC	11.9 (3.8)	8.6 (4.6)	11.8 (4.1)	5.7 (3.4)	11.6 (3.3)	6.0 (3.0)	12.0 (5.1)	6.1 (3.6)	11.4 (4.0)	6.2 (3.1)		
Test 1	SAC	0.9 (0.3)	2.1 (0.6)	0.9 (0.4)	3.4 (0.5)	0.8 (0.4)	3.3 (0.7)	1.0 (0.4)	3.6 (0.7)	0.9 (0.5)	3.3 (0.6)		
	SNAC	4.3 (1.9)	3.2 (1.0)	4.1 (2.1)	1.0 (0.9)	3.9 (1.8)	1.4 (1.2)	4.7 (2.4)	1.3 (1.7)	3.9 (2.0)	1.6 (1.9)		
Test 2	SAC	1.5 (0.4)	2.4 (0.5)	1.6 (0.3)	3.4 (0.4)	1.5 (0.6)	3.4 (0.4)	1.4 (0.6)	3.2 (0.6)	1.6 (0.2)	3.3 (0.4)		
	SNAC	4.0 (1.8)	3.2 (1.4)	3.9 (1.8)	2.5 (1.4)	3.7 (1.8)	2.6 (1.3)	3.8 (2.0)	2.8 (1.8)	3.5 (2.3)	2.7 (1.2)		
Test 3	SAC	1.0 (0.3)	1.6 (0.4)	1.1 (0.4)	2.7 (0.6)	1.2 (0.3)	2.9 (0.7)	1.0 (0.3)	2.6 (0.5)	1.1 (0.4)	2.8 (0.6)		
	SNAC	2.5 (0.9)	1.9 (1.1)	2.6 (1.0)	1.3 (1.4)	2.8 (1.0)	1.0 (1.1)	2.6 (0.8)	0.9 (0.8)	2.4 (1.1)	1.0 (0.9)		
Test 4	SAC	1.4 (0.6)	2.4 (0.5)	1.6 (0.5)	3.7 (0.9)	1.5 (0.6)	3.6 (0.8)	1.4 (0.6)	3.5 (0.8)	1.3 (0.4)	3.6 (0.7)		
	SNAC	3.2 (1.0)	2.2 (1.7)	3.1 (1.4)	0.9 (1.1)	3.2 (1.2)	1.1 (1.0)	3.3 (1.7)	1.3 (1.3)	3.4 (1.5)	1.2 (1.0)		

SAC = Scientifically acceptable conception. SNAC = Scientifically not acceptable conception. Experimental Group 1 (EG1): participants used PME alone; Experimental Group 2 (EG2): participants used VME alone; Experimental Group 3 (EG3) participants used both PME and VME with VME preceding the use of PME; Experimental Group 4 (EG4): participants used both PME and VME with PME preceding the use of VME.

Fonte: Zacharia e Olympiou, 2011.

Figura 21 - Tabela de resultados de ganho percentual entre grupos da publicação C.

Table 7. Total gains (G_T) in percentage for students of teachers A, D and E

			G_T ($G_{VH} + G_H + G_L$)
Teacher A	Class X (N=25)	(HoA)	20.0 %
	Class Y (N=27)	(HoA+CS)	40.7 %
Teacher D	Class X (N=27)	(HoA)	29.6 %
	Class Y (N=24)	(CS)	58.4 %
Teacher E	Class X (N=19)	(HoA)	36.9 %
	Class Y (N=20)	(CS)	45.0 %

Fonte: Sarabando, Cavino e Soares, 2014.

Table 1
Participants' responses coded as scientific.

Targeted moon phase conceptions	Pre-test (%)	Post-test (%)	Gain (Post-Pre) (%)
<i>Scientific moon phase drawings</i>			
Starry Night Only (n = 50)	4.0	80.0	76.0
Starry Night + Nature (n = 61)	3.3	62.3	59.0
Nature only (n = 46)	13.0	78.3	65.3
<i>Scientific waning and waxing sequence drawings</i>			
Starry Night Only (n = 50)	18.0	98.0	80.0
Starry Night + Nature (n = 61)	21.3	86.9	65.6
Nature Only (n = 46)	23.9	76.1	52.2

Figura 22 - Tabela de resultados comparativos entre grupos da publicação D.

Fonte: Trundle e Bell, 2010.

Figura 23 - Tabela de resultados comparativos entre grupos da publicação E.

Table 5. Tukey Post-hoc

Method 1(I)	Method 2(J)	Mean Difference (I-J)	Standard Error	Sig.	95% confidence interval For Difference	
					Lower B.	Upper B.
Real	Virtual	-1.08	1.09	0.585	-3.68	1.52
	Comprehensive	-3.08	1.138	0.023	-5.80	-0.36
Virtual	Real	1.08	1.09	0.585	-1.52	3.68
	Comprehensive	-2	1.09	0.165	-4.60	0.60
Comprehensive	Real	3.08	1.138	0.023	0.38	5.80
	Virtual	2	1.09	0.165	-0.60	4.60

Fonte: Farrokhnia e Esmailpour, 2010.

Figura 24 - Tabela de resultados comparativos entre grupos da publicação F.

Table 10: Summary data from post – hoc test of learning environment

Learning environment (I)	Learning environment (J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Significance	95% Confidence interval for difference	
					Lower Bound	Upper Bound
Control group II	Control group I	.02	.98	1	-2.39	2.44
	Experimental group	-2.94*	.91	.00	-5.2	-.68
Control group I	Control group II	-.26	.98	1	-2.44	2.39
	Experimental group	-2.97*	.88	.00	-5.14	-.8
Experimental group	Control group II	2.94*	.91	.00	.68	5.2
	Control group I	2.97*	.88	.00	.8	5.14

* $p < .05$, Control Group I- Experimental Group, Control Group II-Experimental Group

Control Group I : The group in which the experiment method was applied

Control Group II : The group in which the analogy-based simulation method was applied

Experimental Group : The group in which the analogy-based simulation and experiment method was applied

Fonte: Ünlü e Dökme, 2011.

Figura 25 - Tabela de resultados comparativos entre grupos da publicação G.

TABELA 10 – Média dos grupos no Pré-TESTE e no Pós-TESTE.

Teste	E	M	C	E&M
Pré-TESTE	7,2	7,4	7,4	7,2
Pós-TESTE	7,8	8,5	6,3	9,5
Ganho Absoluto	0,6	1,1	-1,1	2,3
Ganho Relativo	1,5	2,2	-	3,2

Fonte: Mendes, 2009.

Figura 26 - Tabela de resultados percentuais comparativos entre grupos da publicação G.

TABELA 11 – Percentual de acerto dos grupos no Pré-TESTE e no Pós-TESTE.

Teste	E	M	C	E&M
Pré-TESTE	36%	37%	37%	36%
Pós-TESTE	39%	43%	31%	48%
Ganho Absoluto	3%	6%	- 6%	12%
Ganho Relativo	8%	12%	0%	17%

Fonte: Mendes, 2009.