

# **Um diagnóstico das publicações sobre o uso, no ensino de ciências, de simulações e laboratórios virtuais, entre 2009 e 2014**

## **A diagnosis of papers about use, in Science teaching, of Simulations, applets and virtual labs, between 2009 and 2014**

**Renato Pontone Junior**

Faculdade de Educação, UFMG e Coordenação de Ciências, CEFET-MG  
pontone@deii.cefetmg.br

**Helder de Figueiredo e Paula**

Faculdade de Educação e Colégio Técnico, UFMG  
helder100@gmail.com

### **Resumo**

Este trabalho é parte de uma pesquisa de doutorado em andamento e apresenta um diagnóstico das publicações sobre o uso, no ensino de ciências, de animações, simulações e laboratórios virtuais, no período entre 2009 e 2014. Ele compreende artigos publicados em periódicos da área e foi orientado pelas seguintes questões: i) que preocupações e objetos de estudo têm orientado as pesquisas sobre o uso desses recursos no ensino de ciências? ii) que referenciais teóricos sustentam essas pesquisas? iii) quais são os métodos, procedimentos de análise e instrumentos de coleta de dados nelas utilizados? Encontramos 42 artigos relatando pesquisas sobre o uso de ambientes virtuais. Constatamos uma escassez de trabalhos que: (a) investigam o papel mediador do professor no uso desses recursos; (b) fazem menções explícitas e significativas ao referencial teórico adotado na pesquisa ou ao referencial que orienta o uso desses tipos de recursos educacionais em sala de aula.

**Palavras chave:** ambientes virtuais; laboratórios virtuais; simulações de computador; ensino de ciências; revisão da literatura.

### **Abstract**

This paper is part of a PhD research in progress and presents a diagnosis of papers about use, in Science teaching, of simulations, applets and virtual labs, between 2009 and 2014. Our search included articles available at the CAPES website (CAPES is an acronym, in Portuguese, for Higher Education Personnel Improvement Coordination of Brazil), which were published from 2009 to 2014. Our work was guided by the following questions: i) what concerns and research objects have guided the researchers during the last five years? ii) what theoretical frameworks have guided this field, in this period of time? iii) what are the methods, analytical procedures and data collection instruments adopted in these studies? We found 42 papers and we identified a lack of studies about the mediational process and the teacher's role on the use of simulations, applets and virtual labs in science classroom.

Similarly, few articles make explicit the theoretical frameworks adopted in researches or present guidelines for the use of simulations, animations and virtual labs in the science classroom.

**Key words:** Virtual labs; Computer simulations; Science teaching; Literature review.

## Introdução

Em nosso trabalho, investigamos o uso de aplicativos de computador que executam animações ou simulações de fenômenos físicos ou, ainda, permitem a realização de experimentos em laboratórios virtuais. Como ponto de partida para essa investigação, nós concebemos o seguinte problema de pesquisa: como animações, simulações e laboratórios virtuais medeiam o ensino da Física em uma sala de aula na qual um professor experiente faz uso sistemático desses recursos?

A fim de dimensionarmos a possível contribuição da nossa pesquisa, nós realizamos uma revisão da literatura recente sobre o uso desses recursos. Essa revisão foi orientada pelas seguintes questões: i) que preocupações e objetos de estudo têm orientado as pesquisas recentes sobre o uso de animações, simulações e laboratórios virtuais no ensino de ciências? ii) que referenciais teóricos sustentam essas pesquisas? iii) quais são os métodos, procedimentos de análise e instrumentos de coleta de dados nelas utilizados?

No presente trabalho também procuramos comparar o quadro atual das pesquisas sobre ambientes virtuais com aquele apontado em revisões anteriores. Araújo e Veit (2004), em revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física publicados entre 1990 e 2003, verificaram que a produção de pesquisas nessa área era muito baixa. Scalise et al. (2011), fizeram uma revisão de 79 estudos publicados entre 1995 e fevereiro de 2009 para identificar possíveis avanços promovidos pelo uso de ambientes virtuais no ensino de ciências nos níveis fundamental e médio. Nessa revisão, os autores também apontaram para a incipiência das pesquisas na área.

Sentindo-nos contemplados pelo trabalho de Scalise et al. (2011), decidimos realizar nossa revisão de literatura no período posterior ao investigado pelos autores. Por isso, procuramos por artigos publicados entre 2009 e 2014.

## Metodologia

Realizamos a pesquisa no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Dois foram os motivos que nos levaram a utilizar esse Portal: i) ele reúne e disponibiliza uma parte significativa da produção científica internacional; ii) ele permite aos pesquisadores vinculados às instituições federais de ensino superior acesso livre e gratuito.

Na primeira etapa da revisão, usamos a expressão booleana ("interactive simulations" OR "virtual laboratories" OR "computer simulations" OR "virtual labs") AND ("physics teaching" OR "science teaching" OR "science education" OR "science classroom" OR "physics classroom"). Isso nos deu acesso a 260 artigos em inglês e espanhol, tendo em vista que os termos da expressão booleana incidiam sobre as keywords presentes em trabalhos escritos em todas as línguas. Posteriormente, fizemos uma leitura dos títulos e dos resumos dos artigos para identificar trabalhos com foco no ensino de ciências. Excluímos estudos sobre educação

a distância e usos da internet porque, nesses casos, o papel mediador dos ambientes virtuais na sala de aula, que constitui nosso objeto de pesquisa, não seria contemplado. Restaram 32 artigos, todos em língua inglesa, distribuídos nos periódicos listados na tabela 1.

<b>Periódico</b>	<b>Quantidade de artigos</b>
Chemistry Education. Research and Practice	2
Computers & Education	5
Journal of Baltic Science Education	2
Journal of Educational Technology & Society	4
Journal of Research in Science Teaching	3
Journal of Science Education and Technology	6
Learning and Instruction	2
Modern Applied Science	1
Physics Education	1
Research in Science Education	2
Science	1
Science and Children	1
The Science Teacher	2

Tabela1- Resultado da pesquisa dos artigos por periódico

Consultamos também todos os periódicos nacionais voltados para o ensino de física/ciências classificados no Qualis da CAPES nos estratos A1 e A2 na área de educação ou na área de ensino. Além disso, incluímos um periódico classificado como B1, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, por três motivos. Em primeiro lugar por se tratar de uma referência antiga e muito consultada na área de ensino de Física. Em segundo lugar por que esse periódico lançou em 2012 dois números especiais sobre “Ensino de Física mediado por tecnologias”. Em terceiro lugar porque, desde então, esse periódico tem dedicado uma seção especial para publicação de trabalhos nessa área. Os 10 artigos encontrados em periódicos nacionais seguem relacionados na tabela 2.

<b>Periódico</b>	<b>QUALIS</b>	<b>Quantidade de artigos</b>
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	B1(Educação) B1(Ensino)	5
Ciência & Educação	A1(Educação) A1(Ensino)	1
Ensaio - Pesquisa em Educação e Ciências	A2(Educação) A2(Ensino)	0
Revista Brasileira de Ensino de Física	B2(Educação) A1(Ensino)	4
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A2(Educação) A2(Ensino)	0
Revista Investigações em Ensino de Ciências	A2(Educação) A2(Ensino)	0

Tabela 2 – Resultado da pesquisa nos periódicos nacionais

Na terceira etapa da revisão, utilizamos o instrumento proposto por Mosteller, Nave e Miech (2004) nos 42 artigos nacionais e internacionais mencionados nas tabelas 1 e 2 para identificar os seguintes itens: 1) questão de pesquisa; 2) onde a pesquisa foi realizada; 3) sujeitos da

pesquisa; 4) desenho da pesquisa; 5) instrumentos de coleta de dados; 6) procedimentos de análise; 7) resultados e conclusões. Relatos de experiência e ensaios geralmente não contêm todos esses elementos e foram mapeados de forma mais livre. Quando esse mapeamento sugeriu maior possibilidade de diálogo de um artigo com a nossa pesquisa, procedemos a uma leitura mais cuidadosa do trabalho selecionado.

## Resultados

### Características gerais das pesquisas

Constatamos que a maior parte das pesquisas recentes sobre o uso de ambientes virtuais é empírica (32 artigos ou ~76% do total). Relatos de experiências correspondem a 5 artigos (~12%). Revisões de literatura contemplam 3 artigos (~7%). Um trabalho apresenta uma proposta de ensino baseado no uso de simulações para o ensino de história das ciências. Outro trabalho faz uma análise de conteúdo de 233 ambientes virtuais disponíveis na internet.

A maioria das pesquisas empíricas compara o laboratório virtual e o laboratório real (e.g. ZACHARIA & OLYMPIOU, 2011; MENDES, COSTA & DE SOUSA, 2012; ANDERSON & BARNETT, 2013). Esses trabalhos: (a) avaliam os efeitos desses tipos de laboratório na aprendizagem dos estudantes para indicar se um deles é superior ao outro; (b) identificam as situações em que cada um desses dois tipos de laboratório é mais adequado que o outro. Uma quantidade menor de trabalhos avalia a eficácia dos ambientes virtuais para: (a) promover e motivar a aprendizagem (e.g. LAMB & ANNETTA, 2013); (b) promover mudança conceitual nos estudantes (e.g. COPPOLA et al, 2013); (c) eliminar atitudes negativas em relação à ciência escolar (e.g. ZAHOREC, HASKOVA & BILEK, 2014). Por fim, um número menor de pesquisas compara diferentes tipos de ambientes virtuais usando como critérios: (a) a interferência do grau de interatividade desses recursos na aprendizagem dos estudantes, (b) possíveis efeitos do design dos ambientes virtuais na motivação e nas reações dos estudantes (e.g. CHEN et al, 2011; BRYAN & SLOUGH, 2009).

Na maior parte dos artigos analisados, não encontramos menções explícitas ao referencial teórico adotado na pesquisa ou ao referencial teórico que orienta o uso desses recursos em sala de aula. Apenas 9 artigos dentre as 32 pesquisas empíricas (~28%) apresentaram reflexões acerca das bases teóricas para o ensino de ciências mediado por ambientes virtuais. Paula e Talim (2012) investigam a percepção de estudantes sobre o uso de um laboratório virtual como recurso de ensino e aprendizagem. Eles utilizam os conceitos de mediação, ação mediada e recursos mediacionais, oriundos da teoria da ação mediada de James Werstch, para fornecer uma interpretação teórica das escolhas que os levaram a coordenar o laboratório virtual com outros recursos educacionais. Cardoso e Dickman (2012), tanto quanto Mendes, Costa e de Sousa (2012) utilizam a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel como fundamento pedagógico do uso de ambientes virtuais. Dorneles, Araujo e Veit (2012) apresentam uma proposta didática baseada nos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, propostos por Ausubel, e na interação social proposta por Vygotsky. Esses autores também usam a epistemologia de Bunge para conceber atividades que propiciem a exploração dos contextos de validade dos modelos teóricos subjacentes às simulações computacionais.

Os outros 5 trabalhos ainda não mencionados utilizam: 1- a teoria da mudança conceitual de Vosniadou (TRUNDLE & BELL, 2010); 2- as ideias de Wittwer e Renkl sobre características de explicações em sala de aula (GEELAN, 2013); 3- a teoria do processamento da informação de Marton and Säljö (PSYCHARIS, 2011); 4- os momentos pedagógicos de Delizoicov

(MACÊDO, DICKMAN & ANDRADE, 2012); 5- os ciclos de modelagem de David Hestenes (HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2012).

A menor participação de trabalhos que explicitam referenciais teóricos e considerações sobre o ensino e a aprendizagem no montante das pesquisas nessa área foi constada em revisões anteriores. A esse respeito, Araujo e Veit (2004) já nos diziam que:

No Ensino de Física comumente confunde-se pesquisa e desenvolvimento instrucional e isso pode estar ocorrendo novamente na área das tecnologias computacionais aplicadas ao Ensino de Física. No passado era comum confundir-se a produção de equipamento de laboratório ou a produção de livros e vídeos didáticos com pesquisa em ensino de Física. Agora a confusão pode estar na produção de softwares, ambientes virtuais e outros recursos computacionais. Se assim for, podemos estar testemunhando, outra vez, um grande desperdício de esforços e entusiasmo. Não se melhora o ensino simplesmente produzindo novos e sofisticados recursos instrucionais. O desenvolvimento instrucional deve estar acoplado à pesquisa em ensino ou, pelo menos, levar em conta o conhecimento produzido pela pesquisa em ensino e os enfoques teóricos sobre aprendizagem compartilhados pela comunidade de educadores e pesquisadores em Ensino de Física. Usar tecnologias computacionais no Ensino de Física sem, pelo menos, um referencial teórico sobre aprendizagem, sem, no mínimo, uma concepção teórica sobre como o sujeito aprende, pode ser um erro igual ao já cometido com os equipamentos, livros, vídeos e outros recursos instrucionais. (ARAÚJO & VEIT, 2004, p.8)

Em relação aos métodos e procedimentos de coleta de dados, constatamos um predomínio na comparação de resultados de aprendizagem mediante o contraste entre grupos experimentais e grupos de controle e/ou a aplicação de pré-testes e pós-testes. Em menor proporção, encontramos o emprego de registros em áudio e vídeo, de entrevistas semi-estruturadas, de inventários padronizados, de grupos focais, de notas de caderno de campo e de questionários. Tais instrumentos, às vezes, são coordenados com pré-testes e pós-testes.

No que diz respeito à análise dos dados, predomina o uso de estatística descritiva, com cálculo de médias e covariância. O uso de análise de conteúdo e de interpretação qualitativa é menos frequente.

Em relação aos sujeitos da pesquisa, os participantes de 11 das 32 pesquisas empíricas eram estudantes de ensino médio. Em 6 pesquisas os sujeitos eram estudantes de ensino fundamental. Em outras 6 os sujeitos eram estudantes de graduação. Cinco (5) pesquisas tinham professores em formação como sujeitos e quatro (4) investigaram o uso de ambientes virtuais por professores em atividade.

Os tópicos de ensino abordados nas pesquisas vinculam-se, predominantemente, ao ensino de física (15 pesquisas) e ao ensino de química (11 pesquisas).

### **Principais achados das pesquisas empíricas e das revisões bibliográficas**

As pesquisas apresentam resultados, em certa medida, contraditórios. Algumas sugerem que os efeitos das simulações e dos laboratórios virtuais na aprendizagem dos estudantes são superiores aos dos laboratórios reais, outras não confirmam essa superioridade. Udo & Etiubon (2011) investigaram a eficácia das simulações de computador no desempenho em química de estudantes de ensino médio em comparação com o ensino por investigação e com os métodos de ensino expositivos tradicionais. Eles constataram que os estudantes que usaram simulações tiveram desempenho significativamente melhor do que os submetidos ao método expositivo tradicional. O uso de simulações, por outro lado, apresentou desempenho

comparável ao obtido na abordagem de ensino por investigação. Hawkins & Phelps (2013) compararam o laboratório tradicional com o laboratório virtual em um curso de eletroquímica oferecido na disciplina de Laboratório de Química Geral de um curso de graduação. Seus resultados contradisseram aqueles obtidos por Udo & Etiubon (2011). Foram oferecidos dois cursos de Laboratório de Química Geral aos estudantes que participaram da pesquisa: um tradicional e outro baseado em simulações de computador. Todos os dois grupos obtiveram resultados equivalentes em testes de aferição de compreensão conceitual e na montagem prática de uma célula eletroquímica.

Várias pesquisas recomendam a combinação de ambientes virtuais com experimentação real (e.g. DORNELES, VEIT & ARAUJO, 2009; HEIDEMANN, ARAUJO & VEIT, 2012; PAULA & TALIM, 2012). Os resultados de Zacharia & Olympiou (2011) não sustentam essa recomendação. Nesse trabalho, os autores montaram quatro grupos experimentais e um grupo controle. Esse último utilizou apenas o texto didático. Os outros utilizaram: (a) apenas o laboratório virtual (LV); (b) apenas o laboratório real (LR); (c) LV sucedido por LR; (d) LR sucedido por LV. Não houve diferenças significativas entre esses quatro grupos nos testes de compreensão conceitual. Por outro lado, todos apresentaram resultados superiores àqueles obtidos pelo grupo de controle. A pesquisa de Zacharia & Olympiou (idem) apresenta um problema típico de outros trabalhos encontrados na área. Os autores compararam resultados de testes realizados por diferentes grupos de alunos e interpretam esses resultados como se eles pudessem ser imputados, única e exclusivamente, ao uso ou a ausência de uso de dado recurso educacional.

Rutten et al (2012) realizaram uma revisão da literatura de pesquisas sobre os efeitos de simulações de computador no ensino de ciências, publicadas entre 2001 e 2010. Esses autores constataram que a maioria das pesquisas não leva em conta o papel mediador do professor no uso de simulações de computador pelos estudantes. O quadro apontado por esses autores, também foi verificado em nossa revisão: encontramos apenas um trabalho que procura investigar como o professor usa simulações de computador para ensinar ciências (KHAN, 2011).

## **Considerações finais**

A revisão da literatura recente que nós realizamos sobre o uso de ambientes virtuais confirma um quadro que foi identificado por Araujo e Veit (2004), Scalise et al. (2011) e Rutten et al (2012): 1- as pesquisas na área apresentam resultados contraditórios sobre as contribuições dos ambientes virtuais no ensino de ciências; 2- há escassez de trabalhos que buscam fundamentar o uso dos ambientes virtuais em bases teóricas sobre o ensino e a aprendizagem; 3- o papel mediador do professor no uso dos ambientes virtuais tem sido ignorado pela maior parte dos pesquisadores.

Esperamos que um crescimento quantitativo e qualitativo das pesquisas nessa área possa mudar esse quadro, de modo a preencher as lacunas apontadas em nossa revisão.

## **Agradecimentos e apoios**

FAPEMIG e PROPESQ/CEFET-MG

## Referências

- ANDERSON, J. ; BARNETT, M. Learning physics with digital game simulations in middle school science. **Journal of Science Education and Technology**, v.22, n.6, p.914-926, 2013.
- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.4, n.3, p. 05-18, 2004.
- BRYAN, J. A.; SLOUGH, S. W. Converging Lens Simulation Design and Image Predictions. **Physics Education**, v.44, n.3, p.264-275, 2009.
- CARDOSO, S. O. O. E DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2: p. 891-934, out. 2012.
- CHEN, YU - LUNG ; HONG, YU - RU ; SUNG, YAO - TING ; CHANG, KUO - EN. Efficacy of simulation-based learning of electronics using visualization and manipulation. **Educational Technology & Society**, v.14, n.2, p.269-278, 2011.
- COPPOLA, B.; KRAJCIK, J.; DEGA, B. G.; KRIEK, J.; MOGESE, T. F. Students' conceptual change in electricity and magnetism using simulations: A comparison of cognitive perturbation and cognitive conflict. **Journal of Research in Science Teaching**, v.50, n.6, p.677-699, 2013.
- DORNELES, P.F.T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 99-122, 2012.
- GEELAN, D. Teacher Explanation of Physics Concepts: a Video Study. **Research in Science Education**, v.43, n.5, p.1751-1762, 2013.
- HAWKINS, I.; PHELPS, A. J. Virtual laboratory vs. traditional laboratory: which is more effective for teaching electrochemistry? **Chemistry Education Research and Practice**, v.14, n.4, p.516-523, 2013.
- HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Ciclos de modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 965-1007, 2012.
- KHAN, S. New pedagogies on teaching science with computer simulations. **Journal of Science Education and Technology**, v.20, n.3, p.215-232, 2011.
- LAMB, R.; ANNETTA, L. The Use of online Modules and the effect on student outcomes in a high school chemistry class. **Journal of Science Education and Technology**, v.22, n.5, p.603-613, 2013.
- MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A.G; ANDRADE, I.S.F. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.29, n. Especial 1: p. 562-613, 2012.
- MENDES, J. F.; COSTA, I. F.; DE 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**, v. 34, n. 1, p.2402, 2012.

MOSTELLER, F.; NAVE, B.; MIECH, E. J. Why we need a structured abstract in education research. **Educational Researcher**, v. 33, n. 1, p. 29–34, 2004.

PAULA, H. F.; TALIM, S. L. Uso coordenado de ambientes virtuais e outros recursos mediacionais no ensino de circuitos elétricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1. 2012.

PSYCHARIS, S. The computational experiment and its effects on approach to learning and beliefs on physics. **Computers & Education**, v.56, n.3, p.547-555, 2011.

RENKEN, M.D.; NUNEZ, N. Computer simulations and clear observations do not guarantee conceptual understanding. **Learning and Instruction**, v. 23, pp.10-23, 2013 Feb.

RUTTEN, N. ; VAN JOOLINGEN, W. R. ; VAN DER VEEN, J. T. The learning effects of computer simulations in science education. **Computers & Education**, v.58, n.1, p.136-154, 2012.

SCALISE, K.; TIMMS, M.; MOORJANI, A.; CLARK, L.; HOLTERMANN, K.; IRVIN, P. S. Student learning in science simulations: design features that promote learning gains. **Journal of Research in Science Teaching**, Wiley Periodicals, Inc., v. 48, n. 9, p. 1050-1078, 2011.

TRUNDLE, K. C.; BELL, R. L. The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study. **Computers & Education**, v.54, n.4, p.1078-1088, 2010.

UDO, M. E.; ETIUBON, R. U. Computer-based science simulations, guided-discovery and students' performance in chemistry. **Modern Applied Science**, v.5, n.6, p.211, 2011.

ZACHARIA, Z.C. ; OLYMPIOU, G. Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. **Learning And Instruction**, v.21, n.3, p.317-331, 2011.

ZAHOREC, J ; HASKOVA, A ; BILEK, M. Impact of multimedia assisted teaching on student attitudes to science subjects. **Journal Of Baltic Science Education**, v.1, n.3, p.361-380, 2014.