

A EXPERIMENTAÇÃO NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA: REFLEXÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Renata Isabelle Guaita¹, Fábio Peres Gonçalves²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina/ Centro de Ciências Físicas e Matemáticas/ Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, renataguaita@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Santa Catarina/ Centro de Ciências Físicas e Matemáticas/ Departamento de Química/ Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, fabio.pg@ufsc.br

Resumo – A expansão da educação a distância inclui a formação de professores ligados às Ciências da Natureza que tem atividades experimentais como parte integrante de um processo de apropriação de conhecimentos. Este é um cenário que impõe desafios, uma vez que a experimentação vinha sendo pensada prioritariamente para situações presenciais. Entretanto, possibilidades de incremento com atividades experimentais mediadas pelas novas tecnologias da informação e comunicação (NTIC) vêm surgindo como uma alternativa. Particularidades acerca destas possibilidades são pontuadas ao longo do texto, buscando ressaltar aspectos pedagógicos para além da dimensão operacional. Priorizaram-se também as potencialidades e as limitações no uso destas na formação docente. Este trabalho, portanto, teve por objetivo trazer, através de uma revisão de literatura, reflexões acerca das possibilidades de experimentação a distância a partir de laboratórios virtuais e remotos.

Palavras-chave: Educação a Distância, Formação de Professores, Experimentação.

Abstract – The expansion of distance education includes teacher training related to the Natural Sciences that has experimental activities as part of a process of acquiring knowledge. This is a scenario that beget challenges, since the trial is being designed primarily for classroom situations. However, possibilities of increased experimental activities mediated by New Information and Communication Technologies (NICT) have emerged as an alternative. Peculiarities about these possibilities are punctuated throughout the text, seeking to highlight pedagogical aspects beyond the operational dimension. Also prioritized them potential and limitations in the use of these in teacher training. This study therefore aimed to bring, through a literature review, reflections on the possibilities of experimentation distance from virtual laboratories and remote.

Keywords: Distance Education, Teacher Training, Experimentation.

1. Primeiras palavras

Embora o fenômeno de popularização dos cursos na modalidade de Educação a Distância (EaD) possa parecer recente, as primeiras experiências nacionais registradas remontam a 1904 (Alves, 2011). Isto não significa, porém, que a EaD manteve-se estruturada de igual forma ao longo dos anos. Percebe-se que, com o advento da internet, a oferta de cursos nesta modalidade utilizando-se das novas tecnologias de informação e comunicação (NTIC) se intensificou a partir da década de 1990 (Alves, 2011). Com isto, também se colaborou para a modificação das formas de comunicação entre educador e educando. Peters (2001) classifica a EaD, com base em questões relacionadas à interação, ao “diálogo”, à mediação e à colaboração, em quatro gerações consecutivas – a dos correios, a da radiofusão, a da internet e a das comunidades. Portanto, hoje se deve pensar na existência de um novo modelo de EaD, em termos de comunicação e interatividade, a partir da crescente incorporação das NTIC, em comparação àquele inicialmente concebido. Utilizando-se desse novo modelo de EaD a partir do fomento da internet, incentivos governamentais através de programas e políticas públicas estimularam parcerias com Instituições de Educação Superior (IES) para a oferta de diversos cursos de formação de professores nesta modalidade, sobretudo devido à grande carência de professores na rede básica de ensino nacional. As áreas mais afetadas por esta falta de profissionais da educação são as ligadas às Ciências da Natureza, isto é, física, química e biologia (Ruiz, Ramos e Hingel, 2007).

Atualmente, o desenvolvimento de atividades experimentais tem como aliado o avanço tecnológico, cujo desenvolvimento da engenharia e da internet tem possibilitado a elaboração de novas propostas, mas talvez ainda sejam pouco exploradas, principalmente no meio acadêmico brasileiro, uma vez que são escassas as publicações em periódicos nacionais de alto impacto acerca destas atividades mediadas por NTIC com objetivos mais complexos de reflexão pedagógica (Cardoso e Takahashi, 2011).

O objetivo deste trabalho, portanto, é sinalizar, por meio de uma revisão de literatura, possibilidades de experimentação relacionadas à virtualidade e à experimentação remota. A seguir, apresenta-se de maneira mais detalhada uma discussão sobre registros na literatura acerca da experimentação em âmbito nacional e internacional.

2. O problema da experimentação na educação a distância

Embora a defasagem de educadores seja sentida com maior intensidade nas áreas de Química, Física e Biologia (Ruiz, Ramos e Hingel, 2007). Segundo consta no portal eletrônico da UAB¹, atualmente existe 352 graduações em licenciatura a distância autorizadas pelo MEC que estão vinculadas à UAB. Destas, 86 cursos são voltados à formação inicial de professores ligados às Ciências da Natureza, sendo

¹ Consulta ao portal < <http://uab.capes.gov.br/> > no dia 19/01/2014.

25 licenciaturas em Química, 24 licenciaturas em Física, 36 licenciaturas em Ciências Biológicas e uma licenciatura em Ciências da Natureza. A oferta relacionada a tais cursos na modalidade a distância pode-se dizer considerável. Portanto, ao imaginar cursos de formação docente para física, química e biologia estruturados na modalidade a distância, a indagação acerca da experimentação é plausível. Como realizar atividades experimentais em cursos a distância? Pode-se refletir ainda que a falta de aporte à área experimental para além da estrutura física nos polos ou *campus* sede das IES brasileiras que se permitem à realização desta modalidade é um desafio a ser superado (Angotti, 2006).

Presentemente, a experimentação configura-se como objeto de investigação através de inúmeros registros na literatura, entretanto em tais pesquisas existe um grande enfoque na educação presencial ao passo que são poucos os registros na literatura acerca de pesquisas relacionadas à experimentação na educação superior a distância, sobretudo no cenário nacional (Cardoso e Takahashi, 2011). Um exemplo é o silêncio maior identificado por Gonçalves e Marques (2012) em relação à experimentação na formação de professores de Química na modalidade a distância que já se faz presente em alguns IES brasileiros. Os trabalhos registrados parecem se concentrar na área de ensino de física (Angotti, 2006; Heckler e Galiazzi, 2011 e 2012). Identificaram-se indicativos de esforços feitos para a promoção e discussão acerca da experimentação para além da presencialidade, conforme expõem Angotti (2006, p. 145):

“Outro aspecto limitante das três áreas científicas [Biologia, Química e Física] consistiu na parte experimental, com a obrigatoriedade dos laboratórios muito presos aos cursos presenciais, determinando experiências “reais” em regime 100% presencial. Em consequência, alcançamos menor êxito no aproveitamento das simulações e da virtualidade, tanto para complementação das atividades práticas, como para substituição de experiências ainda não desenvolvidas nas licenciaturas presenciais, por exemplo, de física moderna e contemporânea.”

Em âmbito internacional, estudos realizados na década de 1990 já evidenciavam reflexões em tom de alerta quanto às dificuldades encontradas para a realização de cursos ligados às Ciências da Natureza na modalidade a distância (Holmberg, Liston e Carter, 1998) similares a feita por Angotti (2006). Na época, Holmberg, Liston e Carter (1998) elencaram três possibilidades para a realização de atividades experimentais em cursos de Ciências a distância:

- (1) modificação de horários e locais de laboratório existentes (em razão do tempo e do espaço diferenciados para alunos desta modalidade);
- (2) simulações ou substituição de experimentos presenciais pelo computador, por recursos audiovisuais ou por outros meios,
- (3) o uso de *kits* domésticos laboratoriais;

Uma quarta possibilidade envolvia a eliminação de todas as atividades de laboratório, sendo esta comumente escolhida em detrimento às outras, o que talvez possa ser justificado pelas limitações tidas com o ainda incipiente desenvolvimento da internet na época em termos de alcance a uma significativa parcela populacional.

Já no findar da primeira década dos anos 2000, Eckert, Gröber, e Jodl (2009), relataram esforços para a realização de um curso de Física na modalidade a distância da *University of Technology Kaiserslautern*, Alemanha, utilizando-se de experimentos reais disponíveis para os alunos em laboratórios remotos controláveis através da internet, além de recursos multimídias, tais como simulações e vídeos interativos como auxiliares de ensino, a fim de substituir figuras estáticas em livros didáticos ou até mesmo experiências presenciais. Um ano antes, Lambourne (2008), da *Open University* (OU), uma das mais antigas universidades de educação a distância, localizada no Reino Unido, já havia sinalizado estas possibilidades de experimentação também utilizadas por Eckert, Gröber, e Jodl (2009) que vão para além da experimentação presencial em Universidades e polos.

A partir destas reflexões, percebe-se que há caminhos que transcendem a experimentação presencial, não em tom de substituição ou em situações excludentes entre ambos, pelo contrário. A possibilidade de experimentação mediada pelas NTIC surge como uma oportunidade de dialogar com o que se tem feito até agora em termos experimentais a fim de se repensar certas práticas pedagógicas e refletir sobre o papel da experimentação na formação docente. E é seguindo esta perspectiva que a próxima seção abordará tipos de laboratórios mediados por NTIC que se tem registro na literatura atual.

3. Sistemas experimentais a distância

No Ensino de Ciências muitos objetos educacionais² desenvolvidos a partir das NTIC estão relacionados a fenômenos da natureza e/ou simulações de experiências laboratoriais. Pensando-se nisto criou-se o conceito de laboratório virtual. Leitão (2006) distinguiu os tipos de laboratórios existentes criados por meio da engenharia e da possibilidade de difusão destes pela *internet*. A autora denomina como sistemas experimentais todo o ambiente laboratorial que disponibiliza práticas experimentais, podendo ser divididos em:

- Laboratórios reais que representam tanto os laboratórios tradicionais como os laboratórios remotos;
- Laboratórios virtuais que podem ser operados presencialmente ou a distância, como é o caso dos laboratórios de realidade virtual e aumentada, respectivamente;

Assim, segundo a autora, ao tratar-se de espaço, em sistemas experimentais a distância estão inclusos os laboratórios remotos e os laboratórios virtuais à distância. Ambos – laboratórios virtuais a distância e laboratórios remotos – utilizam-se da tecnologia computacional para seu funcionamento, porém com propostas de desenvolvimento que se distinguem. A finalidade da subseção a seguir é apresentar estas modalidades de laboratórios e discutir quais os limites e as potencialidades de

² Segundo Wiley (2000), Objetos de Aprendizagem, ou, ainda, Objetos Educacionais se caracterizam como componentes instrucionais mediatizados por uma tecnologia que podem ser reutilizados em múltiplos contextos de aprendizagem.

cada uma delas de acordo com o exposto na literatura.

3.1 Laboratórios Virtuais

Os laboratórios virtuais simulam funções essenciais que estejam relacionadas em um determinado experimento, neste caso a condição física da atividade é substituída por um modelo computacional, cuja base é um *software* de simulação. Há também a possibilidade de se reproduzir um determinado experimento de maneira animada. Entretanto, Giordan (2008) ressalta a importância de se distinguir simulação e animação, pois enquanto a animação computacional é construída a partir de aplicativos de edição gráfica que não levam em conta valores empíricos obtidos em pesquisas científicas, nas simulações são priorizados os valores teóricos ou empíricos de propriedades características e as escalas de tempo e tamanho parametrizadas por equações matemáticas que regem leis físicas. Atualmente os laboratórios virtuais se encontram em formatos *JAVA*, *JavaScript* e *Flash*. O chamado laboratório virtual constitui-se em um conjunto de objetos de aprendizagem (Wiley, 2000) que permite o desenvolvimento de atividades experimentais. Segundo Forte *et al* (2008) os laboratórios virtuais também podem ser distinguidos entre si, sobretudo pelo tipo de tecnologia empregada ou por aspectos de colaboração. Forte *et al.* (2008) classificam quatro tipos:

i) Os laboratórios virtuais multimídias

Estes laboratórios têm como características marcantes a disponibilização de produtos multimídia em forma de sons, textos, imagens, vídeos, animações e simulações. Outra possibilidade dentro desse tipo de laboratório são as filmagens de experimentos considerados de alto risco. Os laboratórios multimídia podem ser distribuídos em mídia digital como CD-ROM ou vinculados à Internet.

Como exemplos há os laboratórios virtuais do o *PhET Interactive Simulations*³ da *University of Colorado*, o *Chemistry Experiment Simulations and Conceptual Computer Animations*⁴ da *Iowa State University* e também o Laboratório Virtual de Química⁵ da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) e o Laboratório Virtual de Física⁶ com diversos objetos de aprendizagem desenvolvidos pelo Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem (NOA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Todos estes laboratórios se desenvolvem nos moldes de laboratório multimídia, cuja interação ocorre através de ações do usuário sobre os objetos virtuais através da alteração de algumas variáveis (Figura 1). Este tipo de laboratório não permite interação do aluno com instrumentos laboratoriais e dados mais realísticos do experimento.

³ Disponível em: < <http://phet.colorado.edu/>>

⁴ Disponível em: < <http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/simDownload/index4.html#thermoChem>>

⁵ Disponível em: < <http://www2.fc.unesp.br/lvq/menu.htm>>

⁶ Disponível em: < <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/index.html>>

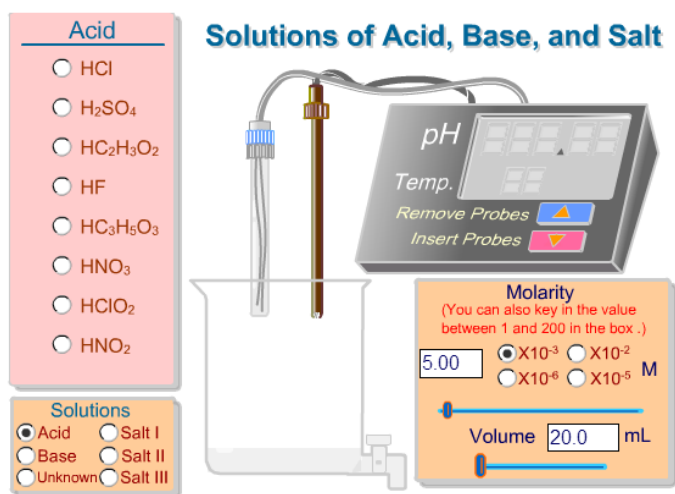


Figura 1: Imagem de um dos experimentos do Chemistry Experiment Simulations and Conceptual Computer Animations.

Fonte: <<http://group.chem.iastate.edu/Greenbowe/sections/projectfolder/simDownload/index4.html#abEquilibria>>.

Assim como com os demais recursos que propiciam a experimentação, a interação possibilitada por este modelo se não utilizada de forma refletida pode reforçar um discurso sobre a Ciência como atividade imutável e imune a erros. Discurso este que vem sendo combatido pela literatura contemporânea em torno da experimentação no ensino de Ciências. Nedic, Machotka e Nafalski (2003) criticam esse tipo de laboratório, justamente pelas possibilidades mais limitadas que estão associadas à sua própria construção. Apesar disso, esses laboratórios ainda parecem ser os mais conhecidos e os mais utilizados quando se pensa em experimentação a distância (Forte *et al.*, 2008). Vale ressaltar que não se propõe aqui o seu descarte ou lhe atribuir menor valor em termos de aprendizagem em razão das suas limitações, pelo contrário. O que se alerta é a necessidade da sua utilização de forma crítica para que a experimentação contribua efetivamente na formação de profissionais, através de práticas experimentais que proporcionem a reflexão sobre o entendimento acerca da construção do pensamento científico.

ii) Os laboratórios virtuais em realidade virtual (LRV)

Estes laboratórios são desenvolvidos a partir de técnicas de realidade virtual, as quais se utilizam do conceito de imersão total do usuário na virtualidade, ou seja, aquele que faz uso de laboratórios nestes moldes é levado ao ambiente virtual por meio da utilização de equipamentos que dão suporte à busca de fidelidade na representação de um laboratório real, como o *Cave Automated Virtual Reality Environment* (CAVE's) que são os espaços que simulam um ambiente virtual totalmente imersivo, contando com projeções múltiplas, sistema de áudio e óculos 3D. Segundo Forte *et al.* (2008) estes laboratórios podem ter resultados muito

efetivos na reprodução virtual de um laboratório físico e vantajoso pela possibilidade de acesso remoto e interação colaborativa entre os participantes, mostrando-se altamente rico em potencialidades. Porém, estes sistemas de simulação em realidade virtual são dotados de grande complexidade e necessitam de alto investimento financeiro. Devido a isto, Nedic, Machotka e Nafalski (2003) veem como certa desvantagem a implementação deste tipo de laboratório virtual. Forte *et al.* (2008), ao pensarem no acesso dos discentes de cursos a distância ao conhecimento laboratorial, também não o consideram a melhor opção.

Falcão e Machado (2010) descrevem um laboratório em ensino de física que não se utiliza do CAVE para a imersão total e criação da realidade virtual, no entanto também é considerado um laboratório de realidade virtual, pois faz uso da estereoscopia, uma técnica que possibilita a visualização tridimensional de uma cena gerada por computador que proporciona ao usuário um maior grau de imersão, dando-lhe a sensação de profundidade a partir da utilização de um óculos 3D. O nome do laboratório criado pelos pesquisadores da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) é Laboratório para Simulação de Experimentos Físicos (LabSEF) em que o usuário pode navegar, interagindo com experimentos sobre Movimento Retilíneo Uniforme, Movimento Uniformemente Variado (Queda Livre) e Lançamentos Oblíquos, conforme mostra um exemplo na Figura 2.



Figura 2: imagem da atividade experimental sobre Movimento Uniformemente Variado (Queda Livre) desenvolvido pelo LabSEF- UFPB.

Fonte: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/2051/1813>>

Segundo os autores,

“Tais experimentos podem ser simulados com diferentes dados, e a quantidade de vezes necessária [...]. Todas as simulações possuem animações gráficas tridimensionais, em que o usuário tem a oportunidade de observar a execução delas de qualquer ângulo desejado, assim como navegar pelo ambiente virtual, explorando-o” (FALCÃO e MACHADO, 2010, p. 1288).

Este laboratório desenvolvido por Falcão e Machado (2010) visa o auxílio de professores e alunos do ensino médio, mas compreende-se que tais esforços são igualmente válidos para a educação superior, presencial ou a distância, configurando-se uma possibilidade que se utiliza da mesma ideia de imersão total dos ambientes desenvolvidos com o CAVE, mas com a necessidade de menor

investimento financeiro.

iii) Os laboratórios virtuais em realidade aumentada (LRA)

Os LRA não preveem a imersão total do seu usuário, mas têm aplicações tão promissoras quanto os laboratórios de realidade virtual (LRV). Segundo Fortes *et al* (2008, p. 4) este tipo de laboratório caracteriza-se:

“pelo enriquecimento do mundo real através da adição de elementos virtuais. Nestas aplicações, o usuário geralmente observa a ocorrência de eventos, a partir da tela do computador, sem a necessidade de se munir de dispositivos especiais de visualização, e interage com os objetos virtuais com o auxílio de marcadores tangíveis, sem a necessidade, também, de dispositivos especiais para a tarefa”.

Um exemplo de laboratório de realidade aumentada é o descrito por Silva *et al.* (2008) que por meio da plataforma CORBA tem procurado desenvolver ambientes multidisciplinares de Biologia e Química. Outro trabalho que está em fase de desenvolvimento é o de Scalco e Shin-Ting (2013) a partir da adaptação do uso controlador “*Wii Remote*” (controle do videogame *Nintendo Wii*) como um dispositivo para interações em ambientes tridimensionais aplicado a um laboratório virtual de Física envolvendo conceitos de mecânica clássica. O trabalho de Fortes *et al.* (2008) também se enquadra nos LRA, pois propõem um protótipo a partir do Sistema de Autoria em Ambiente Colaborativo com Realidade Aumentada (SACRA) que permite a interação colaborativa, o que, segundo os autores, “para o ensino à distância se configura como uma ferramenta bastante útil” (Forte *et al.*, 2008, p. 5). O protótipo deste trabalho inicialmente opera sob o escopo do ensino de Física, como a mecânica clássica.

Este tipo de laboratório, assim como os LRV, é outra possibilidade que se mostra útil se desenvolvida em parceria com as áreas de engenharia da computação, podendo trazer contribuições para a educação tanto presencial quanto a distância. Entretanto, mais do que o desenvolvimento de programas de computadores é necessária a real compreensão de suas potencialidades em aspectos pedagógicos e epistemológicos em relação à experimentação na formação inicial de professores de Ciências da Natureza.

3.2 Laboratórios Remotos

Outra possibilidade para além dos laboratórios virtuais são os chamados laboratórios de acesso remoto ou simplesmente laboratórios remotos. Eles podem ser definidos como um laboratório que dispõe de uma estrutura física real, mas que por meio de computadores ligados à Internet possibilitam o acesso remoto a distância destes equipamentos em diversos momentos do dia (Cardoso e Takahashi, 2011). Já Ferreira e Mueller (2004) definem experimento remoto como toda atividade em que um sujeito, ou um grupo de sujeitos, usa uma rede de comunicação para realizar

algum tipo de atividade laboratorial. Ressalta-se que esta definição é ampla e que não necessariamente o fator "distância" seria o principal contribuinte para caracterizar um experimento como remoto, pois a utilização de um equipamento para operação remota de um experimento que pode estar no mesmo ambiente do sujeito que o controla já ocorre em laboratórios de pesquisa, por exemplo. O fator principal neste caso seria a utilização por pelo menos um participante de uma rede de comunicação para acessar o experimento num espaço físico diferenciado daquele onde se encontra o laboratório. Na EaD, o cenário visualizado é dos alunos em suas casas, ou no polo de apoio presencial, utilizando-se da rede de computadores para acessar remotamente um laboratório que se encontra em outra localidade, podendo ser no *campus* da instituição sede ou não. Silva (2006) ressalta que os laboratórios remotos têm a capacidade de quebrar as barreiras temporais e físicas justamente por ser operado na ideia de assincronicidade e atemporalidade. A possibilidade de poder trasladar este ambiente de experimentos para a educação a distancia requer, portanto, a existência de um sistema de apoio: um laboratório adequado às necessidades para se desenvolver as atividades *online* e são nestas características que residem potencialidades de um laboratório de experimentação remota.

Segundo Teixeira (2009, p. 340):

“A experimentação remota pode ser vista tanto como uma simples forma de compartilhamento e melhor aproveitamento de recursos, que podem ser raros e escassos, como outro paradigma de experimentação no atendimento a objetivos educacionais, participando, de maneira complementar ou não, da experimentação presencial, da composição de atividades de aprendizagem. Para a EaD, a experimentação remota pode, em muitos casos, suprir bem a necessidade imposta por práticas pedagógicas de que o aluno realize experimentos laboratoriais”

Cardoso e Takahashi (2011) corroboram esta ideia relacionada à experimentação em EaD. Segundo os autores, “o uso de um laboratório remoto para o ensino pode suprir muitas dificuldades e carências relacionadas ao uso da experimentação nas escolas ou universidades” (2011, p. 186). Teixeira (2009) adverte, entretanto, que justificar o uso da experimentação remota apenas na impossibilidade de se fazer a experimentação presencial seja pela falta de estrutura física ou de recursos financeiros é por em dúvida questões relacionadas à pedagogia envolvida no processo. Um experimento remoto não deve simplesmente ser uma réplica do experimento presencial, uma vez que cada um tem suas peculiaridades na forma de desenvolvimento e execução das atividades (Ferreira e Mueller, 2004; Jeppson et al., 2004). A ideia salvacionista quanto à utilização de laboratórios remotos em casos de impossibilidade do laboratório presencial deve ser combatida (Cardoso e Takahashi, 2011), pois a simples utilização de experimentação remota não auxilia, por si só, a aprendizagem, sendo necessária a reflexão sobre os usos e finalidades de cada possibilidade.

Teixeira (2009) ressalta também que na EaD a impossibilidade do aluno estar presente no laboratório pode ser compensada com algumas vantagens da

experimentação remota como: a mediação dos experimentos por computador, a possibilidade de visualização de vários ângulos; e o trabalho cooperativo entre vários alunos. Há também de se ressaltar que a manipulação remota permite a realização de experimentos que em condições presenciais seria desvantajosa e até perigosa conforme expõe:

“em certos experimentos é vantajosa a ausência física do experimentador, como no caso de certas práticas de condicionamento de animais, que exigem menor interferência possível no ambiente, ou de experimentos realizados em ambientes hostis” (Teixeira, 2009, p 340).

Outra característica importante é que os experimentos remotos não são sempre iguais. Estes podem ser classificados em três níveis distintos (Teixeira, 2009). Tais níveis levam em consideração a arquitetura do *software* e da interatividade proporcionada por ele. Sendo:

- i) Batch: o usuário pode especificar todos os parâmetros que norteiam a execução do experimento antes dele ser iniciado, porém não há a visualização em tempo real deste experimento. A sessão de experimentação se resume no estabelecimento de parâmetros, na execução do experimento sem intervenção direta do usuário e posteriormente numa eventual análise dos dados obtidos;
- ii) Sensor: o usuário não especifica nenhum parâmetro, apenas recebe o fluxo de dados de um determinado sensor. Há possibilidade de diversos alunos receberem simultaneamente estes dados. Assim como nos experimentos do tipo *batch*, os do tipo sensor também não são visualizados em tempo real;
- iii) Interativo: o usuário tem total liberdade na configuração de uma série de parâmetros iniciais e no monitoramento do curso do experimento à medida que ele ocorre, podendo inclusive modificar os parâmetros quando necessário. Este tipo de experimentação remota permite a visualização em tempo real, bem como ter o controle da sua execução.

Quando se pensa em laboratórios de operação remota, há de se ressaltar também que não são todos os experimentos que são viáveis para automação, seja por motivos financeiros ou por incompatibilidade de alocação de espaço físico, equipamentos e equipe de apoio. Em relação à equipe de apoio ressalta-se que por vezes pode ser necessária a presença de um técnico para a preparação do equipamento, considerando as especificações para que o experimento possa ser realizado, bem como para a manutenção e limpeza dos mesmos.

Atualmente são conhecidas diversas iniciativas internacionais, e algumas nacionais, visando à criação de ambientes que suportem a infraestrutura necessária para que laboratórios remotos atendam às necessidades didático-pedagógicas de cursos a distância. Um deles é o projeto MARVEL EU (*laboratory in mechatronics: access to remote and virtual e-learning*), uma destacada iniciativa europeia nesta área de experimentação remota. Este laboratório tem fundamentação relacionada à abordagem “construtivista”, conforme expõem Ferreira e Mueller (2004, p.10):

“Os cenários de experimentação remota desenvolvidos dentro do plano de trabalho MARVEL são baseados em um modelo de aprendizagem que vê tarefas de bancadas como atividades colaborativas, onde os alunos adquirem conhecimento através da ativa produção pedagógica de conteúdo. Esta abordagem construtivista social da experimentação remota se encaixa bem no Sistema de gerenciamento de cursos “Moodle”, onde as experiências remotas são percebidas pelos alunos como uma oficina em que devem alcançar objetivos pedagógicos predefinidos e em que ações colaborativas e revisão por pares contribuem para consolidar os conceitos teóricos subjacentes.” (tradução dos autores)

Ferreira e Mueller (2004) destacam como pontos positivos do MARVEL EU: a flexibilidade de horários; a minimização de riscos com a segurança; e a proposição de um ambiente “multicultural” entre os estudantes favorecendo a linguagem e a comunicação. Mas é importante ressaltar que os próprios autores destacam as limitações que um laboratório como este pode vir a ter, assim como há limitações nos laboratórios virtuais e na própria experimentação presencial.

Outro projeto que merece ser citado é o MALDI, feito em parceria entre a *Universty of Delaware* (UD) e a *George Washington University* (GWU). Este projeto foi pensado para a área da química e pode ser considerado como referência para diversas situações que envolvam experimentação remota. Teixeira (2009) argumenta que a criação do projeto envolveu um conceito chamado de *collaboratory*, cuja experimentação é realizada de maneira interativa e cooperativa. Neste projeto os alunos puderam através da manipulação remota, desenvolver um experimento de maneira colaborativa com um espectrômetro de massa em uma aula de química analítica. Vale ressaltar que os alunos se encontravam separados fisicamente. Teixeira (2009) lembra que iniciativas como estas permitem que a imagem e o controle de instrumentos reais possam ser levados para o desenvolvimento de componentes curriculares em EaD. Aqui vale um adendo quanto ao repensar atividades experimentais nestes moldes também para um ensino presencial, uma vez que atividades semelhantes estão cada vez mais comuns em laboratórios de pesquisa e na vida profissional de químicos, por exemplo.

Em âmbito nacional há o projeto “*Remote Experimentation Network*” (RExNet) que engloba dez instituições de educação superior, cinco latino americanas e cinco europeias, sendo uma delas a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na qual se encontra o RexLab (Laboratório de Experimentação Remota). Este laboratório tem desenvolvido projetos no âmbito do ensino de física e tem, como exemplo, experimentos que envolvem o estudo dos meios de propagação de calor através de condução térmica em metais diferentes; as associações em série, paralela e mista em redes AC⁷ através de um quadro elétrico ou, ainda, as propagações por condução, convecção e irradiação, comparando o grau de isolamento térmico entre diferentes materiais.

Outro projeto foi o Programa Tecnologia da Informação no Desenvolvimento

⁷ Rede AC significa *Alternating Current* ou Corrente Alternada. Em linhas gerais, em uma rede de corrente alternada tem-se a corrente circulando ora num, ora noutro sentido no circuito.

da Internet Avançada (TIDIA) no início dos anos 2000, em que um dos ramos da pesquisa deste projeto foi a criação e o desenvolvimento de um laboratório remoto de ensino em ciências exatas e engenharias. Este projeto, assim como o MARVEL EU, encontra-se encerrado. Mesmo assim, os destaques são merecidos por serem praticamente pioneiros em pesquisas sobre experimentação remota para desenvolvimento do ensino ligado às Ciências da Natureza.

Apesar das iniciativas pontuadas, percebe-se que ainda é muito incipiente o que se tem registrado na literatura sobre experimentação remota no ensino. Cardoso e Takahashi (2011), em um recente estudo, mapearam os registros na literatura acerca de laboratórios remotos a partir de periódicos classificados como *Qualis A* na CAPES⁸. Os pesquisadores encontraram 31 artigos escritos somente na língua inglesa em periódicos internacionais. Todavia, o que mais chama a atenção é a quantidade direcionada ao estudo deste tipo de experimentação relacionada às áreas de química, física e biologia: apenas 6 artigos. Os demais, em sua grande maioria, estão voltados às engenharias mecânica, mecatrônica e elétrica. Os autores explicitaram isto ao enquadrar os 31 artigos em categorias distintas, sendo uma delas denominada “infraestrutura” que reuniu a maior quantidade de registros: 19 artigos. Assim, mostra-se necessária a reflexão mais aprofundada sobre laboratórios remotos e até que ponto estes podem ser uma alternativa adequada à educação a distância. Outro aspecto levantado no estudo foi a importância da equipe de apoio pessoal na resolução de dúvidas técnicas simples que se não sanadas podem impedir o desenvolvimento da atividade experimental.

Os laboratórios remotos, assim como as demais possibilidades de experimentação a distância, podem ter vantagens e desvantagens. O mais importante, porém, não está em procurar diferenças entre a presencialidade ou a virtualidade dos laboratórios e sim buscar as melhores formas de se desenvolver a experimentação na formação inicial de docentes, seja ela presencial, seja ela a distância, visando contribuições pertinentes para sua vida profissional.

À guisa de encerramento

Com base no exposto, depreende-se que o desenvolvimento de projetos como aqueles relacionados aos laboratórios de experimentação remota são importantes e imperativos, auxiliando a repensar as atividades experimentais na modalidade de educação a distância. Por outro lado, apesar de alguns terem mais de uma década de existência, ainda pouco se pesquisa sobre a experimentação a distância, ou ainda, sobre quais seriam os objetivos pedagógicos acerca destes modelos alternativos que vem se mostrando cada vez mais viáveis com os avanços

⁸ Segundo o portal CAPES, o *Qualis* constitui-se em um conjunto de procedimentos utilizados para classificar a qualidade da produção intelectual dos programas de pós-graduação. Anualmente esses veículos são enquadrados em estratos indicativos da qualidade - A1, o mais elevado; A2; B1; B2; B3; B4; B5; C - com peso zero.

tecnológicos. Outra questão para reflexão e enfrentamento é a manutenção deste caráter incipiente nas pesquisas sobre laboratórios remotos, sobretudo, no Brasil, onde estes modelos de laboratório ainda pouco são difundidos. Em geral, a literatura tem apresentado mais trabalhos das áreas de engenharia, que por ora contemplam as possibilidades de experimentação remota. São trabalhos que se mostram mais preocupados com o processo relacionado ao desenvolvimento operacional, não sendo prioridade destes o estudo das potencialidades pedagógicas da experimentação remota.

Entende-se que o uso por si só de tecnologias emergentes não é suficiente para garantir uma abordagem pedagógica mais adequada a partir das finalidades educacionais a que se propõe, sendo, portanto, necessário pensar também nos conhecimentos sistematizados que serão trabalhados em consonância com a experimentação virtual e/ou remota, não baseados numa perspectiva bancária de educação (Freire, 1987), “depositando-se” conhecimentos escolares destituídos de significações anteriores tidas pelo sujeito. A intencionalidade, na utilização de quaisquer que sejam as formas de experimentação, deve contemplar a utilização “consciente” de conteúdos a fim de propiciar transformações. Concorda-se, portanto, com Cardoso e Takahashi (2011, p.188) ao explicitarem que “o uso da experimentação deve ser amparada por ferramentas didáticas e metodológicas devidamente fundamentadas”. Em síntese, sustenta-se que, independente da ferramenta didática e metodológica adotada, o primordial parece ser a elaboração dos objetivos de ensino e aprendizagem a partir do uso destas ferramentas mediante seu papel pedagógico. Entende-se, portanto, que a discussão relativa às atividades experimentais na formação inicial de professores de áreas relacionadas às Ciências da Natureza na modalidade a distância precisa levar em consideração tal aspecto.

Referências

- ALVES, L. *Educação à distância: conceitos e história no Brasil e no mundo*. Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância, Rio de Janeiro, v. 10, p. 83 – 92, 2011.
- ANGOTTI, J. A. Desafios para a formação presencial e a distância do físico educador. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 143 – 50, 2006.
- CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v. 11, n. 3, p. 185 – 208, 2011.
- ECKERT, B., GRÖBER, S., & JODL, H. -J. Distance education in physics via the internet. American Journal of Distance Education, v. 23, n.3, p. 125-138, 2009.
- FALCÃO, E. L.; MACHADO, L. S. Um Laboratório Virtual Tridimensional e Interativo para Suporte ao Ensino de Física. In: Proc. Congresso da Sociedade Brasileira de

- Computação - Workshop sobre Informática na Escola, p.1285-1293. Belo Horizonte, 2010.
- FERREIRA, J. M.; MUELLER, D. The MARVEL EU project: A social constructivist approach to remote experimentation. In: 1ST REMOTE ENGINEERING AND VIRTUAL INSTRUMENTATION INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2004, Villach – Austria, 2004. p. 1 – 11.
- FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 17^a ed, 1987. 107 p.
- FORTE, C., OLIVEIRA, F. C., SANTIN, R., KIRNER, C. Implementação de Laboratórios Virtuais em Realidade Aumentada para Educação à Distância. In: 5^o WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA – WRVA, São Paulo, 2008. p. 1 – 8.
- GIORDAN, M. Computadores e linguagens nas aulas de Ciências. Ijuí: Unijuí, 2008. 328 p.
- GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. A circulação inter e intracoletiva de pesquisas e publicações acerca da experimentação no ensino de Química. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 12, n.1, p. 181 – 204, 2012.
- HECKLER, V., GALIAZZI, M. C. A experimentação em Ciências na EaD oportuniza o diálogo Investigativo Coletivo. In: I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA. Rio Grande do Norte. IFRN. Novembro, 2011. p. 1 – 12.
- HECKLER, V., GALIAZZI, M. C. O Diálogo investigativo do coletivo de professores de ciências potencializa a experimentação em EaD. In: XI ENCONTRO SOBRE INVESTIGAÇÃO NA ESCOLA. UNIPAMPA. Julho, 2012. . p 1 – 4.
- HOLMBERG, R; LISTON, M e CARTER, L. Teaching science at-a-distance: what is so difficult? In: BAGGALEY, J.; ANDERSON, T. e HAUGHEY, M. (eds.) Partners for learning. In: PROCEEDINGS OF THE 14TH ANNUAL CONFERENCE OF THE CANADIAN ASSOCIATION FOR DISTANCE EDUCATION, Banff. Alberta, 1998. p. 165 – 168.
- JEPPSON, K.; LUNDGREN, P.; DEL ALAMO, J. A., HARDISON, J. L.; ZYCH, D. Sharing online laboratories and their components – a new learning experience. In: 5TH EUROPEAN WORKSHOP ON MICROELETRONICS EDUCATION. Lausanne Suíça, 2004.
- LAMBOURNE, R. Physics and Distance Education. In: CONNECTING RESEARCH IN PHYSICS EDUCATION WITH TEACHER EDUCATION – Vol. 2, eds. M. Vicentini, and E. Sassi. The International Commission on Physics Education (ICPE), 2008.

- LEITÃO, S. M. B. Um ambiente experimental à distância. 2006. 176p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Multimídia) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2006.
- NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSKI, A. Remote Laboratories Versus Virtual and Real Laboratories. In: 33^a IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, Boulder, Colorado, 2003. p. 1 – 6.
- PETERS, O. Didática do ensino a distância. São Leopoldo: Unisinos, 2001. 402 p.
- RUIZ, A. I.; RAMOS, M. N.; HINGEL, M. Escassez de professores no ensino médio: propostas estruturais e emergenciais. Relatório produzido pela Comissão Especial instituída para estudar medidas que visem a superar o déficit docente no Ensino Médio (CNE/CEB), MEC, Brasília, 2007.
- SILVA, J. B. A. Utilização Da Experimentação Remota Como Suporte Para Ambientes Colaborativos De Aprendizagem. 2006. 196f. Tese (Doutorado em Engenharia de Gestão do Conhecimento da Universidade). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.
- SILVA, W. A.; RIBEIRO, M. W. S.; JÚNIOR, E. L.; CARDOSO, A. Uma Arquitetura para Distribuição de Ambientes Virtuais de Realidade Aumentada Aplicada à Educação. Revista Brasileira de Informática na Educação, v.16, n.3, p. 57 – 69, 2008.
- SCALCO, R.; SHIN-TING, W. Desenvolvimento de um framework para uso do Wiimote como dispositivo de interações em ambientes tridimensionais aplicado a um laboratório virtual de Física. In SIBGRAPI (Conference on Graphics, Patterns, and Images), Arequipa, Peru, 2013.
- TEIXEIRA, C. A. C. A aprendizagem por meio de operação remota de equipamento científico in LITTO F. M.; FORMIGA M. (orgs) *Educação a Distância: o Estado da Arte*. 2^a ed. São Paulo: Pearson Education. 2009. p. 340 – 346.
- WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*. 2000. Disponível em: <http://wesrac.usc.edu/wired/bldg-7_file/wiley.pdf>