

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

Aline Jaime Leal

**USO DE LABORATÓRIO VIRTUAL E DE METODOLOGIAS
DIVERSIFICADAS NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR**

Santa Maria, RS
2018

Aline Jaime Leal

**USO DE LABORATÓRIO VIRTUAL E DE METODOLOGIAS DIVERSIFICADAS
NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Educação em Ciências**.

Orientadora Prof^a Dr^a. Lenira Maria Nunes Sepel

Santa Maria, RS
2018

Leal, Aline Jaime
USO DE LABORATÓRIO VIRTUAL E DE METODOLOGIAS
DIVERSIFICADAS NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR / Aline
Jaime Leal.- 2018.
142 p.; 30 cm

Orientador: Lenira Maria Nunes Sepel
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de
Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e
Saúde, RS, 2018

1. Tecnologias da informação e da comunicação 2.
Laboratório presencial 3. Laboratório remoto 4. Ensino de
Ciências 5. Atividades práticas I. Nunes Sepel, Lenira
Maria II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Aline Jaime Leal

**USO DE LABORATÓRIO VIRTUAL E METODOLOGIAS
DIVERSIFICADAS NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Educação em Ciências**

Aprovado em 27 de fevereiro de 2018:

**Lenira Maria Nunes Sepel, Dr^a (UFSM)
(Presidente/orientador)**

Cláudia Smaniotto Barin, Dr^a (UFSM)

Carlos Emilio Padilla Severo, Dr (IFSul)

João Batista Teixeira da Rocha, Dr (UFSM)

Neusa Maria John Scheid, Dr^a (URI)

**Santa Maria, RS
2018**

DEDICATÓRIA

Ao maior companheiro que tive nestes quatro anos de estudos, que esteve ao meu lado em quase todos os momentos, nos difíceis e nos felizes, meu cachorro shitzu Darwin.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria pela realização do doutorado em instituição pública e de qualidade.

A minha orientadora, Lenira Maria Nunes Sepel, pela oportunidade de desenvolver este trabalho, por todo o suporte e apoio dado durante o seu desenvolvimento e pela confiança.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul) pela licença concedida durante os quatro anos de realização do doutorado.

Aos professores da área de Informática do IFSul Wagner Pinto da Silva e Marcelo da Silveira Siedler, os quais auxiliaram na concepção e no desenvolvimento do Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC).

Aos egressos do curso técnico integrado em Informática do IFSul câmpus Bagé, André de Azambuja Maraschin, Rúben Júnior Ferreira e Hiasmin Acosta Alves, que foram fundamentais na construção do LVBC, contribuindo para a sua concepção, produção gráfica e visual e programação.

Aos alunos dos cursos técnicos integrados em Informática e em Agropecuária do IFSul câmpus Bagé que utilizaram o LVBC, pela paciência, comprometimento e acolhida.

Aos professores Jonas Sponchiado e Aline Picoli Sonza pelo auxílio e empenho durante a aplicação do projeto nas turmas de ensino técnico integrado do IFSul câmpus Bagé.

Às colegas do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências pela amizade, pelos momentos de descontração e pelo auxílio nos momentos mais difíceis.

À Caroline Lacerda Dorneles, Elenize Rangel Nicoletti e Giséli Duarte Bastos, que além de excelentes colegas, tornaram-se grandes amigas, as quais guardarei sempre na memória.

À Angélica Gonçalves por ter me acolhido em seu apartamento e pela ótima convivência e amizade.

Aos meus pais, Lídia e Júlio Silvio, pelo apoio e por acreditarem que tudo seria possível.

Aos demais familiares que torceram pela minha vitória.

A minha tia Gasparina e minha vó Maria Cândida (*in memoriam*), as quais sempre me incentivaram a estudar e fizeram parte da minha caminhada profissional.

Ao meu namorado, Eriton, pelo apoio e incentivo nos momentos mais difíceis do final do curso.

Às minhas amigas de sempre, que me apoiaram, confortaram, motivaram e ouviram durante estes quatro anos.

Enfim, a todos que contribuíram para o sucesso deste trabalho.

“Uma palavra que não representa uma ideia é uma coisa morta, da mesma forma que uma ideia não incorporada em palavras não passa de uma sombra.”

(Lev Semyonovich Vygotsky)

RESUMO

USO DE LABORATÓRIO VIRTUAL E DE METODOLOGIAS DIVERSIFICADAS NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

AUTOR: Aline Jaime Leal

ORIENTADORA: Lenira Maria Nunes Sepel

As atividades práticas no ensino de Ciências estão relacionadas ao desenvolvimento de competências e habilidades do fazer Ciência, tais como: observação, identificação, proposição de hipóteses e argumentação. No cenário atual, essas atividades não se restringem somente aos laboratórios presenciais (LP) existentes nas escolas, uma vez que podem ser realizadas também por laboratórios remotos e virtuais através da Internet. Os três tipos de laboratórios possuem potencialidades e limitações, porém não se sobrepõem em termos de desenvolvimento de habilidades e competências, sendo o ideal o uso combinado dos três tipos de laboratórios. Neste trabalho, foi utilizando o conteúdo cores, com abordagem para o Ensino Fundamental, como forma de demonstrar que é possível o uso combinado dos três tipos de laboratórios. Os laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA) têm sido empregados com sucesso no ensino de Ciências, nas últimas décadas. Contudo, há carência deste recurso para a Educação Básica, visto que a maioria é destinada a alunos do Ensino Superior. Após análise de artigos científicos entre 2001 e 2015, verificamos que um laboratório virtual necessita ter algumas características para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem de Ciências, como: apresentar o conteúdo teórico de forma clara e sucinta; ser fácil de usar para que promova a inclusão digital de seus usuários; ser atrativo e interativo para despertar o interesse e a motivação dos alunos, assim como possibilitar a comunicação entre seus usuários e apresentar diversas metodologias para avaliação do processo de aprendizagem dos alunos. Com base no exposto, foi desenvolvido o Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) sob uma perspectiva construtivista, abordando os conteúdos: tipos celulares, material genético e divisão celular. O LVBC promoveu a aprendizagem de alunos do Ensino Médio Integrado, quando aplicado com LP e aulas teóricas tradicionais e foi bem avaliado por seus usuários (alunos e professor regente). As seções e conteúdos preferidos pelos alunos do LVBC foram: a animação, a tabela interativa, os simuladores, as aulas práticas e o glossário. As atividades de construção de argumentos e justificativa de forma escrita foram as que os alunos apresentaram maior dificuldade e menor desempenho. O uso de mapas mentais como mediadores para o estudo teórico no LVBC foi eficiente, tanto para introdução como revisão do conteúdo, o mesmo foi verificado com a dramatização da mitose.

Palavras Chave: Tecnologias da informação e da comunicação (TIC). Laboratório presencial. Laboratório remoto. Ensino de Ciências. Atividades práticas.

ABSTRACT

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A VIRTUAL LABORATORY OF CELL BIOLOGY

AUTHOR: Aline Jaime Leal
ADIVISOR: Lenira Maria Nunes Sepel

Practical activities in the teaching of Science are related to the development of skills and abilities related to doing Science, such as: observation, identification, proposition of hypotheses and argumentation. In the current scenario, these activities are not restricted only to face-to-face laboratories (PLs) existing in schools, since they can also be performed by remote and virtual laboratories through the Internet. The three types of laboratories have potentialities and limitations, but they do not overlap in terms of skills and competences development, and the combined use of the three types of laboratories is ideal. In this work, it was used color content, with an approach to elementary education, as a way to demonstrate that it is possible to use the three types of laboratories combined. Virtual learning labs (LVAs) have been used successfully in teaching science in the last decades. However, there is a shortage of this resource for the Basic Education, since the majority is destined to students of Higher Education. After analyzing scientific articles between 2001 and 2015, we verified that a virtual laboratory needs to have some characteristics to support the teaching and learning process of sciences, such as: present the theoretical content in a clear and succinct way; be easy to use in order to promote the digital inclusion of its users; be attractive and interactive to awaken interest and motivation of the students, as well as to enable communication between their users and present several methodologies to evaluate the students' learning process. Based on the above, the Virtual Laboratory of Cell Biology (LVBC) was developed from a constructivist perspective, addressing the contents: cell types, genetic material and cell division. The LVBC promoted the learning of students of Integrated High School, when applied with LP and traditional theoretical classes and was well evaluated by its users (students and teacher regent). The sections and content preferred by the LVBC students were: the animation, the interactive table, the simulators, the practical classes and the glossary. The activities of argument construction and justification in written form were those that the students presented greater difficulty and lower performance. The use of mental maps as mediators for the theoretical study in the LVBC was efficient, both for introduction and review of the content, the same was verified with the dramatization of mitosis.

Keywords: Information and communication technologies (ICT). Hands-on laboratory. Remote laboratory. Science teaching. Practical activities.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 Objetivo Geral	4
1.1.2 Objetivos Específicos	4
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2 DESENVOLVIMENTO	15
2.1 METODOLOGIA.....	16
2.2 MANUSCRITO 1 – LABORATÓRIOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ESTUDO COMPARATIVO	19
Introdução	20
O ensino de Ciências e as atividades práticas: aspectos históricos	21
Laboratórios de ensino e aprendizagem: classificação e potencialidades	24
Comparação dos três tipos de laboratórios de ensino e aprendizagem	26
Qual tipo de laboratório de ensino e aprendizagem usar?	29
Considerações finais	34
Referências bibliográficas	35
2.3 ARTIGO 1 – A INCLUSÃO DIGITAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ANALISANDO LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM.....	42
Introdução	43
Metodologia	45
Resultados e discussões	47
Características importantes de um laboratório virtual de aprendizagem para auxiliar o ensino e a aprendizagem de Ciências	54
Considerações finais	56
Referências	57
2.4 MANUSCRITO 2 – DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE LABORATÓRIO VIRTUAL DE BIOLOGIA CELULAR NO ENSINO MÉDIO	63
Introdução	65
O construtivismo e o Laboratório Virtual de Biologia Celular	66
Metodologia de desenvolvimento e de aplicação do Laboratório Virtual de Biologia Celular	69
Resultados e discussões	75

Conclusões.....	85
Perspectivas futuras.....	86
Referências.....	87
2.5 MANUSCRITO 3 – USO DE MEDIAÇÃO E LABORATÓRIO VIRTUAL NO ENSINO DA BIOLOGIA CELULAR	91
Introdução.....	92
Mediação.....	93
Apresentação do conteúdo de Biologia Celular no Laboratório Virtual de Biologia Celular.....	94
Metodologia.....	100
Resultados e discussões.....	103
Conclusões.....	111
Referências.....	112
2.6 MANUSCRITO 4 – DIVIDINDO PARA MULTIPLICAR: DRAMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE MITOSE.....	116
Processo de ensino e aprendizagem da mitose.....	117
Papel da dramatização no ensino de Ciências.....	118
Materiais necessários.....	118
Metodologia.....	118
Considerações finais.....	118
Referências.....	124
3 DISCUSSÃO	125
4 CONCLUSÕES	130
5 REFERÊNCIAS	132

1 INTRODUÇÃO

Desde a segunda metade do século XX, vem ocorrendo um grande desenvolvimento tecnológico, que resultou em um novo cenário social, econômico, político e cultural, o qual constitui a chamada Sociedade da Informação (COLL, 2008). O advento do computador e, posteriormente, da Internet contribuíram muito para essa mudança de cenário (VIERIA e CASTANHO, 2008), ao tornar possível a produção, compartilhamento e distribuição rápida da informação. Contudo, a grande quantidade de informação disponível e a facilidade de acesso não garantem que os cidadãos estejam mais e melhor informados, sendo um desafio transformar a informação em conhecimento (COLL e MONEREO, 2010).

O desafio em relação ao uso da informação tem impactos diretos sobre a educação, sendo necessário formar cidadãos capazes de aprender a aprender, para que consigam lidar positivamente com a contínua e acelerada transformação tecnológica (TAKAHASHI, 2000). Aprender a aprender envolve o desenvolvimento de algumas competências, como as citadas por Pozo e Postigo (2000): adquirir a informação, interpretá-la, analisá-la e fazer inferências, compreendê-la, organizá-la e, por fim, comunicá-la. Desta forma, os cidadãos terão a capacidade de utilizar estrategicamente a informação, que recebem de forma caótica, e convertê-la em conhecimento verdadeiro, em um saber ordenado (POZO, 2004).

Na Sociedade da Informação, a escola passa a ter novas demandas, não havendo dúvidas quanto à importância da inserção das tecnologias da informação e da comunicação (TIC) no ambiente escolar para possibilitar a inclusão digital e social. As TIC são instrumentos promotores da aprendizagem, pois mais pessoas podem ter acesso à formação e educação, uma vez que não existem barreiras espaciais e temporais para o uso dessas tecnologias e tornam viável a criação de novos recursos e possibilidades educativas (COLL, 2008).

A introdução das TIC no ensino requer mudanças no papel do professor, que necessita ser um mediador da aprendizagem; e do aluno, o qual pode utilizar as novas tecnologias para construir o seu conhecimento, solucionar problemas reais, consumir e produzir informação (MARTINHO e POMBO, 2009). Desta forma, as TIC possibilitam um ensino centrado no aluno, que pode se tornar mais ativo e autônomo na sua aprendizagem (LOCATELLI et al., 2015).

Para possibilitar a inserção das TIC no contexto escolar, o governo brasileiro tem proposto políticas a fim de garantir uma infraestrutura adequada, assim, 82,7% das escolas de Ensino Médio possuem laboratório de Informática e 94,5% acesso à Internet; contrapondo este cenário, estão os laboratórios de Ciências, presentes em apenas 51,3% dessas escolas (BRASIL,

2017). O laboratório de Ciências é o local onde geralmente as atividades práticas ocorrem, permitindo a integração do conhecimento prático e teórico, podendo tornar a aprendizagem mais interessante, motivadora e acessível (BORGES, 2002). As aulas de laboratório no ensino de Ciências: a) promovem o desenvolvimento de competências técnicas, ao familiarizar os alunos com instrumental tecnológico; b) permitem a comparação da abstração científica com a realidade, tornando possível uma abordagem histórica com relatos de superação de obstáculos epistemológicos; c) proporcionam uma experiência direta sobre os fenômenos, permitindo que o aluno amplie seus conhecimentos tácitos e sua confiança acerca dos eventos naturais; d) colaboram para o desenvolvimento de raciocínio prático e interpretativo (BARBERÁ e VALDÉS, 1996 *apud* ROSITO, 2000).

Apesar da relevância das atividades práticas no ensino de Ciências, a execução das mesmas é reduzida ou inexistente nas escolas, sendo um dos motivos a falta de laboratório de Ciências. Neste estudo, sugere-se o uso dos laboratórios de Informática, já presentes nas escolas, para complementar o ensino prático de Ciências, por meio de laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA). Os LVA são simulações computacionais que permitem a realização de atividades práticas, seja por representações de laboratório presenciais (LP) ou de experimentos, que podem ser realizados por meio de manipulação, controle e modificação de parâmetros (MELO e OSSO JR., 2008). Podem ser utilizados por vários usuários, ao mesmo tempo, proporcionando o trabalho colaborativo e sem causar riscos à saúde, uma vez que as manipulações de equipamentos e reagentes ocorrem no meio virtual (MÜLLER e ERBE, 2007).

Com o uso dos LVA, pode haver mais tempo para a exploração e manipulação de variáveis experimentais, visto que não há o manuseio de objetos físicos, o que favorece a discussão dos resultados entre os alunos, estimulando o desenvolvimento de habilidades de comunicação e pensamento crítico (PEAT e TAYLOR, 2005). Portanto, podemos dizer que os LVA têm um foco conceitual, enquanto que os LP possuem um caráter técnico e operacional; sendo assim, o uso combinado de ambos os laboratórios é vantajoso; pois, possibilita que os alunos desenvolvam maior número de competências e habilidades, tanto no ensino de Ciências como na Informática.

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver o Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC), sob uma perspectiva construtivista, e aplicá-lo no Ensino Médio Integrado. Trata-se de um projeto interinstitucional, uma vez que a doutoranda também é professora de Biologia no Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), câmpus Bagé, assim como os profissionais e alunos da área da Informática, são os programadores e designer gráfico.

O LVBC aborda os conteúdos: tipos celulares, material genético e divisão celular. Contêm um diversificado conjunto de objetos de aprendizagem, como: textos, imagens, animações, vídeos e simuladores. São considerados objetos de aprendizagem componentes educativos que podem ser reutilizados diversas vezes em diferentes contextos de aprendizagem (WILEY, 2000). É proposta uma gama de atividades didáticas com o objetivo de abranger a diversidade de tipos de aprendizagem presentes em uma turma de alunos.

Desta forma, o LVBC torna possível a realização de atividades práticas em escolas que não possuam laboratório de Ciências e microscópio, ou complementa o ensino se houver essa infraestrutura, corrobora para a inclusão digital dos alunos, que utilizarão uma nova tecnologia para o estudo das células. Além disso, o LVBC possibilita uma abordagem diferenciada do conteúdo, uma vez que a célula é visualizada de forma integrada, dinâmica e contextualizada.

A aplicação do LVBC abrange três metodologias: uso dos laboratórios virtual (LVA) e presencial (LP), sem aulas tradicionais; uso alternado de aulas tradicionais com o LVA e LP ; ou uso de ambos laboratórios após todas as aulas tradicionais. No LVBC, são propostas aulas práticas que podem ocorrer em combinação com o laboratório de Ciências, sendo um recurso didático complementar e não um substituto.

Portanto, nosso problema de pesquisa é: como um laboratório virtual de aprendizagem e metodologias diversificadas podem atuar como elementos mediadores no ensino e na aprendizagem da Biologia Celular?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral:

Investigar a contribuição de laboratório virtual de aprendizagem e metodologias diversificadas no ensino e na aprendizagem da Biologia Celular.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Comparar laboratórios de ensino e aprendizagem aplicados ao ensino de Ciências;
- Identificar características relevantes para que um laboratório virtual auxilie o processo de ensino e aprendizagem de Ciências;
- Desenvolver o Laboratório Virtual de Biologia Celular sob uma perspectiva construtivista;
- Verificar se o Laboratório Virtual de Biologia Celular promove a aprendizagem de alunos do Ensino Médio Integrado, quando combinado com laboratório presencial e aulas teóricas tradicionais;
- Averiguar como metodologias diversificadas podem mediar o uso do Laboratório Virtual de Biologia Celular e promover a autonomia de alunos do Ensino Médio Integrado;
- Avaliar características e conteúdo disponível no Laboratório Virtual de Biologia Celular por meio da pesquisa de opinião de seus usuários (professor regente e alunos).

1.3 REFERENCIAL TEÓRICO

1.3.1 Ensino de Biologia Celular

A Biologia Celular é a base do currículo da disciplina de Biologia, pois os alunos necessitam compreender a célula para entender a estrutura, funcionamento e organização dos seres vivos. Além dos conteúdos básicos, muitos conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para a formação de cidadãos críticos e autônomos envolvem conceitos relacionados à Biologia Celular, caso das pesquisas com células-tronco, ação de quimioterápicos e antibióticos, causa de doenças e problemas reprodutivos.

Entretanto, apesar da grande relevância do conteúdo de Biologia Celular, há certas dificuldades encontradas no seu processo de ensino e aprendizagem. Como verificado por Petrovich et al. (2014), que realizaram uma pesquisa com 71 alunos de licenciatura em Ciências Biológicas e observaram que a maioria considerava o conteúdo de Biologia Celular o mais difícil de ser ensinado. As razões mais citadas pelos alunos foram: envolver conceitos abstratos; muitas escolas não possuem microscópio ou laboratório de Ciências; considerarem o conteúdo distante da realidade do aluno, o que gera falta de interesse; alta complexidade; nomenclatura difícil; falta de qualificação para ensinar, dentre outras. Muhamad et al. (2012) corroboram com esses dados; ao analisarem qual conteúdo é considerado o mais difícil dentre os abordados pela Biologia Celular, verificaram que a maioria dos entrevistados (10 professores de Biologia e 72 alunos do Ensino Básico) considera a mitose. Os autores indicam como razões para isso, o fato da divisão celular envolver conceitos abstratos, que não podem ser visualizados através do microscópio óptico.

Diante desta problemática envolvendo o conteúdo de Biologia Celular, necessitamos pensar que metodologias podem ser utilizadas em sala de aula para superar os obstáculos referenciados na literatura.

A dificuldade de os alunos relacionarem o conteúdo de Biologia celular com o seu cotidiano (TOMAZ JR. e CLEIN, 2003), provavelmente, está relacionada a um ensino fragmentado e descontextualizado, uma vez que várias situações do dia a dia envolvem conhecimentos sobre células. A fragmentação do conteúdo Biologia Celular foi verificada na maioria dos livros didáticos analisados por Richter e Hermel (2016), o que dificulta a aprendizagem de conceitos celulares e prioriza a memorização de estruturas. Portanto, o ensino baseado no livro didático como único recurso pedagógico, não seria suficiente para proporcionar uma aprendizagem contextualizada.

A carência de infraestrutura adequada nas escolas limita a visualização das células ao microscópio óptico, ficando o ensino restrito a imagens estáticas dos livros didáticos ou provenientes da Internet, que geralmente são representações de células transpostas didaticamente e não imagens reais. A transposição didática tem grande importância no ensino da célula, pois adequa e simplifica os conhecimentos científicos da área para fins de ensino e aprendizagem (MARANDINO et al., 2014). Porém, não substitui a visualização de células ao microscópio, que é importante para que o aluno entenda que as representações didáticas não correspondem à realidade, mas facilitam a sua compreensão do conteúdo. Uma alternativa interessante, seria o uso de microscópios virtuais, que podem ser acessados pela Internet no laboratório de Informática da escola.

As dificuldades encontradas pelos alunos com relação à complexidade e à abstração do conteúdo podem ser mitigadas por meio de recursos didáticos, como animações e simuladores, que mostram as estruturas de forma aumentada (maior que os microscópios), dinâmica e integrada. Esses recursos facilitam muito a compreensão da Biologia Celular, uma vez que o aluno passa a visualizar os processos celulares, que antes só podia imaginar (OLIVEIRA e JÚNIOR, 2012). A abordagem do conteúdo é diferenciada, pois permite uma visão holística da célula, além da manipulação de variáveis e percepção de como a célula se comporta, ou seja, possibilita maior atividade do aluno no seu processo de aprendizagem. O uso de simuladores também pode ser um estímulo motivacional, tornado o aluno mais engajado nas atividades didáticas propostas pelo professor (GREGÓRIO et al., 2016).

A nomenclatura específica da Biologia Celular é vista como um obstáculo por muitos alunos, assim o professor deve priorizar o entendimento da morfologia e fisiologia da célula em vez de memorização de nomes. O uso de modelos didáticos de células contribui para aprendizagem com relação a morfologia das estruturas celulares, e os mapas conceituais constituem uma forma do aluno representar sua compreensão sobre a fisiologia da célula (JÚNIOR e GOBARA, 2016). Além disso, o uso de glossário também facilita o entendimento da nomenclatura científica, porém não tem sido encontrado com frequência nos livros didáticos. Sugere-se assim, o uso de dicionários virtuais.

Percebemos que o ensino de Biologia Celular necessita de metodologias e recursos diversificados, para uma abordagem mais ampla, que abranja a diversidade de níveis cognitivos e estilos de aprendizagem que encontramos em uma turma de alunos. Assim, propomos o uso de laboratórios virtuais, os quais contemplam uma ampla gama de objetos de aprendizagem, possibilitando o uso de metodologias diferenciadas no ensino da Biologia Celular.

1.3.2 Laboratórios virtuais de aprendizagem

Laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA) são páginas web, softwares ou CD-ROM que contenham um conjunto de objetos de aprendizagem, os quais possibilitem a realização de atividades práticas, preferencialmente, através da simulação de equipamentos, materiais e variáveis (LEAL e SEPEL, 2017). O uso de LVA tem custo reduzido em comparação ao gasto para construir e manter laboratórios presenciais (LP) nas escolas; os erros cometidos pelos professores e alunos durante a realização de experimentos não causam danos materiais nem à saúde; a interação com o ambiente virtual motiva seus usuários, especialmente para utilizar o laboratório presencial (ALEXIOU et al., 2005; CHEN et al., 2010).

Os experimentos virtuais podem ser realizados a qualquer momento, em qualquer lugar, contribuindo para a autonomia do aluno (DALGARNO et al., 2009), que não necessita seguir instruções rigorosas como ocorreria no LP (MUHAMAD et al., 2010). Há a possibilidade de repetir diversas vezes a mesma atividade, possibilitando que o aluno observe como os resultados mudam, conforme são modificados os parâmetros que estão sendo analisados (CHEN et al., 2010). Além disso, quando executados mais rapidamente do que as atividades tradicionais (DALGARNO et al., 2009), fornecerão mais tempo para a interpretação e discussão dos resultados.

Os LVA, por apresentarem objetos de aprendizagem diversificados, oferecem flexibilidade cognitiva, sendo adaptados a diferentes estilos de aprendizagem, educação à distância e podem atender alunos portadores de necessidades especiais (SUBRAMANIAN e MARSIC, 2001; PEAT e TAYLOR, 2005). Podem ser utilizados como preparação para uso de laboratórios presenciais, auxiliando o aluno a se familiarizar com os procedimentos, equipamentos e reagentes; tornando o experimento real mais econômico em relação aos custos, provenientes do mau uso; e tempo para a execução (SUBRAMANIAN e MARSIC, 2001; DALGARNO et al., 2009). Há também a possibilidade de uso intercalado dos LVA com os LP, ou até mesmo concomitantemente; e posteriormente a esse, com o intuito do aluno revisar o que foi realizado no experimento real.

No ensino de Ciências, o uso dos LVA pode trazer grandes contribuições, uma vez que existem limitações técnicas para a realização de procedimentos que envolvam a manipulação de seres vivos ou experimentos que não podem ser realizados fisicamente, pois testam hipóteses que só existem a nível conceitual (MELO e OSSO JR., 2008), colocam em risco a saúde dos alunos (ALEXIOU et al., 2005) ou envolvem estruturas que não podem ser vistas através de equipamentos presentes nas escolas. Na área da Genética, por exemplo, é difícil realizar o

estudo de seres vivos com ciclo de vida longo, devido ao tempo requerido para isso, o que restringe a diversidade biológica e genética que pode ser analisada em aula. Entretanto, em um LVA, é possível realizar a manipulação genética de vários seres vivos, independente do tempo, com baixo custo, uma vez que não necessita de suprimentos, equipamentos e manutenção dos organismos a serem estudados (BREAKEY et al., 2008). Aulas práticas de Zoologia, geralmente, envolvem a dissecação de animais, que se realizada virtualmente, pode englobar maior número de organismos, sem ter problemas éticos e nem a objeção cultural por parte de alguns alunos (DALGARNO et al., 2009; JIMÉNEZ, 2014).

Na Física e na Química, é comum que teorias científicas existam apenas a nível conceitual, sendo impossível testá-las no mundo físico, contudo, por meio de simulações, essas teorias podem ser transpostas do mundo abstrato das ideias para modos sensorialmente perceptíveis, criando um ambiente no qual o aluno possa interagir e aprender (MELO e. OSSO JR, 2008; JAGODZINSKI e WOLSKI, 2015). Alguns experimentos não são seguros, pois envolvem o uso de reagentes perigosos, como cancerígenos, ou fluidos corporais que podem estar contaminados, como sangue; porém a manipulação dessas substâncias virtualmente não traz nenhum risco para seus usuários.

Com relação ao estudo de estruturas moleculares e microscópicas, as animações e os simuladores permitem a visualização aumentada, de forma dinâmica e interativa, diferentemente dos livros didáticos que contêm somente imagens estáticas, o que dificulta a percepção de como essas estruturas interagem entre si dentro de uma célula, por exemplo. Além disso, esses recursos permitem que os alunos observem o conteúdo de forma integrada. No caso da Biologia Celular, é possível compreender a célula como um todo, relacionando as organelas e suas funções, o que, muitas vezes, é apresentada de forma compartimentada nos livros didáticos (RICHTER e HERMEL, 2016), ficando o aluno responsável por fazer as devidas ligações.

Como nosso estudo está relacionado ao desenvolvimento de laboratório virtual para o ensino e a aprendizagem da Biologia Celular, vamos detalhar alguns exemplos de recursos virtuais com acesso livre, em português e destinados ao Ensino Médio. Caso do Microscópio Virtual¹, uma animação de um laboratório real, na qual o aluno tem acesso a uma célula interativa e, ao clicar sobre as organelas, pode visualizar suas características e funções. Embora os recursos visuais sejam de excelente qualidade, quando há ampliação das organelas, o

¹ O link de acesso ao Microscópio Virtual é http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/simuladoreseanimacoes/2011/biologia/5microscopio_virtual2.swf.

desenho aparece disforme, sendo difícil a sua identificação e o conteúdo teórico é reduzido, fornecendo poucas informações.

A Célula Interativa 3D ² é um recurso interessante, pois permite a visualização tridimensional da célula e organelas de forma ampliada, sendo possível o usuário girar as estruturas celulares e observá-las em vários ângulos. Fornece informações mais completas sobre as organelas que o Microscópio Virtual, porém também se restringe a célula animal e só fornece desenhos, poderia abranger imagens de microscopia para que os alunos visualizassem imagens reais.

O software Divisão Celular: Mitose ³, desenvolvido pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), mostra como ocorre a mitose em célula animal através de uma animação, na qual é possível observar todas as fases do ciclo celular, por meio de desenhos e lâminas de microscopia. Contém várias informações sobre a divisão celular, porém, em determinado momento do texto, fica confuso distinguir entre a mitose e a meiose; pois, na definição de mitose, os autores escrevem que uma célula diploide gera uma haploide depois de duas divisões. Dessa forma, o aluno pode compreender que duas mitoses sucessivas originam células haploides, o que não ocorre. Também se percebe que, no início da animação, ou seja, na intérfase, as moléculas de DNA são maiores do que as visualizadas no final, durante a telófase; mesmo o texto indicando que os cromossomos estão descondensados. Assim, o aluno pode ter a percepção errada de que há encurtamento das moléculas de DNA durante a mitose. Os três recursos virtuais apresentados, até o momento, oferecem baixa interatividade e não possibilitam a manipulação de variáveis e realização de atividades experimentais.

No PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder, está disponível o simulador canais de membrana ⁴, no qual o usuário consegue manipular variáveis, tais como: tipos de canais presentes na membrana plasmática, abertura e fechamento de canais de comporta, tipo e quantidade de substâncias presentes nos meios intra e extracelular. O aluno consegue perceber como ocorre o transporte ativo e passivo por meio da manipulação de variáveis. Uma limitação deste simulador é o transporte continuar ocorrendo, mesmo quando há a mesma concentração de solutos dentro e fora da célula, também não há especificidade dos canais quanto ao tipo de transporte (passivo ou ativo).

² A Célula Interativa 3D está disponível em <http://3d.cl3ver.com/0MKDN>.

³ O software Divisão Celular: Mitose está disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/5544>

⁴ O simulador Canais da membrana está disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/membrane-channels

Todos os recursos virtuais apresentados são objetos de aprendizagem, pois não há proposta de atividade didática em nenhum deles, podendo ser usados conforme o planejamento do professor. Um laboratório virtual tem maior nível de complexidade, uma vez que reúne vários tipos de objetos de aprendizagem e, geralmente, contém atividades didáticas para avaliação da aprendizagem de seus usuários.

Percebemos também a dificuldade de encontrar objetos de aprendizagem sobre Biologia Celular que apresentem o conteúdo de forma clara, com informações corretas e que não induzam o aluno ao raciocínio equivocado sobre as estruturas e processos celulares. Neste sentido, propomos o desenvolvimento do Laboratório Virtual de Biologia Celular, que reunirá um conjunto de objetos de aprendizagem, alguns produzidos pela nossa equipe e outros selecionados da Internet, com propostas de atividades didáticas diversificadas destinadas ao Ensino Médio.

1.3.3 O Construtivismo e os Laboratório Virtuais de Aprendizagem

O Construtivismo tem sido o referencial teórico mais utilizado para o desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA). Fato verificado por Mikropoulos e Natsis (2011), ao realizarem uma revisão sobre AVA, entre os anos de 1999 e 2009, e observarem que a maioria dos trabalhos segue princípios construtivistas. A mesma tendência é observada nos laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA) (BRACK et al., 2003; BAKAR e ZAMAN, 2006; VIEIRA et al., 2011; WIDODO et al., 2017). Neste texto, tentaremos explicar por que o Construtivismo é escolhido para embasar o desenvolvimento desses recursos virtuais e quais são os princípios construtivistas desejáveis em um LVA. Porém, primeiramente, faremos uma breve revisão sobre as teorias propostas por Jean Piaget e Lev Semyonovich Vygotsky, para melhor entendermos a origem dos princípios construtivistas usados em LVA.

As teorias propostas por Piaget e Vygotsky possuem pontos convergentes e divergentes. Enquanto Piaget acreditava que a capacidade de aquisição do conhecimento dependia, principalmente, de fatores internos do sujeito; Vygotsky atribuía papel preponderante às relações sociais neste processo (FERRARI, 2008).

Para Piaget, o desenvolvimento mental do sujeito ocorreria através de três processos: a organização, a adaptação e a equilibração. A organização refere-se à criação de sistemas de conhecimento cada vez mais complexos ao longo da vida, que ocorre por meio de estruturas cognitivas responsáveis por comportamentos padronizados e organizados de como pensar e

agir, diante de uma situação (MONDIN e DIAS, 2013). A adaptação está relacionada à aquisição de novos conhecimentos através da assimilação e da acomodação. A assimilação ocorre quando a nova informação é incorporada às estruturas cognitivas pré-existentes (ABREU et al., 2010). Se o aluno não consegue assimilar uma determinada situação, há o conflito cognitivo, que pode levá-lo a modificar suas estruturas cognitivas para a inclusão do novo conhecimento, processo denominado de acomodação (MOREIRA, 2011; CUSTÓDIO et al., 2013). Quando o conflito cognitivo é superado, atinge-se a equilíbrio (MONDIN e DIAS, 2013).

Piaget acreditava que nem todas as interações sociais promoveriam o desenvolvimento mental, uma vez que não causariam conflitos cognitivos e novos conhecimentos não seriam adquiridos. É o caso da coação social, na qual a relação entre os indivíduos é influenciada por um elemento de autoridade ou de prestígio, como a relação professor-aluno, na qual o aluno acredita que informações transmitidas pelo professor são verdadeiras, mesmo que não haja provas ou argumentos (LA TAILLE et al., 1993). Diferente da cooperação, que pode ser vista como um catalisador para resolver conflitos cognitivos, uma vez que possibilita discussão entre os sujeitos, troca de pontos de vista, controle mútuo de argumentos e provas, sendo considerada o mais alto nível de socialização (LAISTER e KOUBEK, 2001; LA TAILLE et al., 1993). Por esse motivo, Piaget valorizava o trabalho em grupo no ensino, sendo um facilitador da aprendizagem e a base para a autonomia dos alunos, uma vez que poderiam testar suas hipóteses (MONDIN e DIAS, 2013; KOHEN, 2003).

Contrapondo à escola tradicional, na visão de Piaget, a verdadeira aprendizagem depende da atividade do aluno, com métodos que proporcionem a compreensão do conteúdo em vez da memorização e considere os interesses dos alunos (CHAKUR, 2015). Isso porque, quando a preocupação do professor é basicamente a transmissão de conteúdos, os alunos apresentam desinteresse e desprazer (MONDIN E DIAS, 2013).

Outra característica do construtivismo é considerar o erro como momento de aprendizagem, relevando elementos a respeito do processo de aprendizagem do aluno e auxiliando o professor nas suas estratégias de mediação (CHAKUR, 2015). Também ocorre a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos nesta perspectiva pedagógica, uma vez que servem de ancoragem para os novos conhecimentos (LAISTER e KOUBEK, 2001).

A teoria sociocultural de aprendizagem de Vygotsky enfatiza que a inteligência humana é formada na sociedade ou na cultura e o desenvolvimento cognitivo individual ocorre primeiro através da interação interpessoal para depois intrapessoal, sendo, portanto, a conversão de relações sociais em funções mentais (LAISTER e KOUBEK, 2001; MOREIRA, 2011).

Vygotsky acreditava que a aprendizagem ocorreria dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal, que seria a diferença entre o desenvolvimento real do aluno, ou seja, sua capacidade de solucionar problemas sozinho, e o seu nível de desenvolvimento potencial, medido por meio da resolução de problemas sob a orientação ou em colaboração com seus colegas, até ser capaz de realizar sozinho (MOREIRA, 2011). O aluno concretiza o desenvolvimento que está próximo, ou seja, transforma o desenvolvimento potencial em real, fazendo uso da mediação (COELHO e PISONI, 2012).

A mediação ocorre por meio de elementos intermediários que realizam uma intervenção numa relação que deixa de ser direta e passa a ser mediada por tal elemento (GEHLEN e DELIZOICOV, 2012). Os elementos intermediários podem ser instrumentos ou signos (MIRANDA, 2005). Os instrumentos são utilizados pelo indivíduo para este se adaptar e transformar o meio cultural e social em que está inserido, já os signos são mediadores de natureza psicológica, que auxiliam o desenvolvimento de tarefas que exigem atenção ou memória, uma vez são representações mentais da realidade (FREITAS, 2005; MIRANDA, 2012). A capacidade de lidar com representações mentais, que substituem o real, possibilita ao homem libertar-se do espaço e do tempo presentes, efetuar relações mentais na ausência das coisas, imaginar e planejar intencionalmente (FREITAS, 2005).

Historicamente, a criação de signos ocorreu para solucionar problemas sociais e esse processo foi denominado de mediação de primeira ordem; quando são usados signos já consolidados na cultura à qual o indivíduo pertence, temos a mediação de segunda ordem (FERRARI, 2008; GEHLEN e DELIZOICOV, 2012). Neste contexto, o professor torna-se também um mediador, possibilitando a relação de seus alunos com o conhecimento produzido pela humanidade ao longo da história (BOIKO e ZAMBERLAN, 2001). Entretanto, o conhecimento pode ser adquirido também nas relações colaborativas entre alunos, sendo importante haver espaço também para os trabalhos em grupo (TORRES e IRALA, 2014).

A escola na perspectiva da teoria sociocultural desenvolvida por Vygotsky, é um local onde as pessoas possam dialogar, duvidar, discutir, questionar, compartilhar saberes; havendo espaço para transformações, para as diferenças, para o erro, para as contradições, para a colaboração mútua e para a criatividade (BOIKO e ZAMBERLAN, 2001).

Podemos perceber várias contribuições de Piaget e Vygotsky para a educação, embora este não fosse o foco de seus trabalhos, e muitos dos princípios construtivistas propostos por estes pesquisadores têm embasado o desenvolvido de laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA), conforme figura 1.

Na concepção construtivista, os conhecimentos prévios dos alunos, sendo escolares ou do cotidiano, servem de ancoragem para os novos conhecimentos (LAISTER e KOUBEK, 2001). Podendo o professor partir desses conhecimentos, orientando os alunos para o caminho que leva às concepções científicas, oferecendo desafios para que as teorias alternativas sejam reestruturadas (PACCA e SCARINCI, 2011; CHAKUR, 2015). Portanto, é importante que, nos LVA, um dos primeiros passos seja a percepção dos conhecimentos prévios dos alunos, até mesmo, para guiar o professor quanto as suas metodologias pedagógicas.

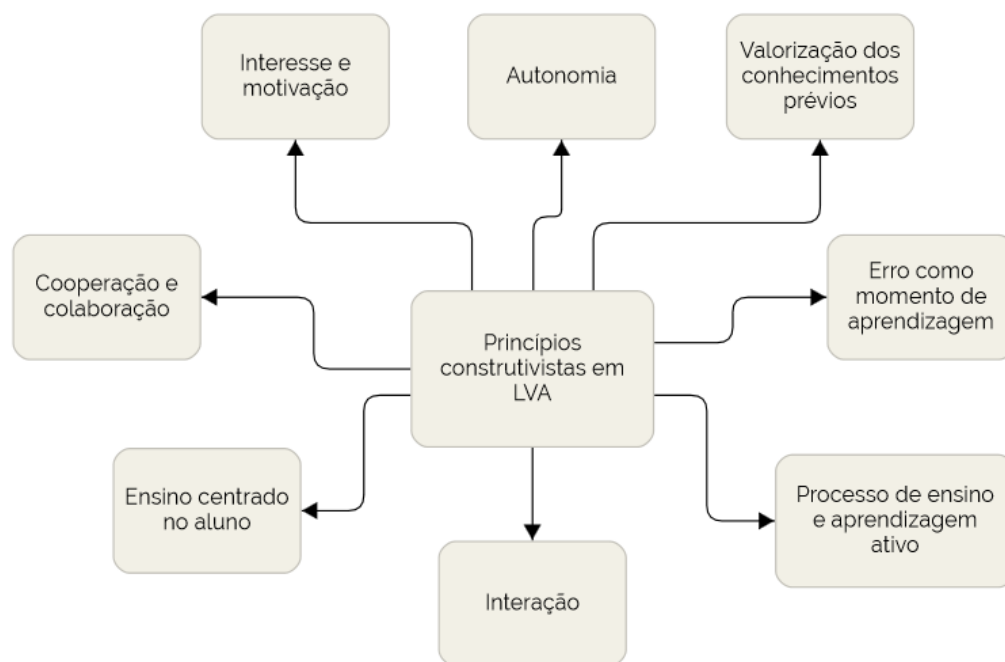


Figura 1. Fluxograma com os princípios construtivistas que podem ser usados no desenvolvimento de laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA). Autoria própria.

Em um LVA construtivista, deseja-se que o aluno esteja no centro do processo de aprendizagem, e que o mesmo tenha controle e autonomia sobre este processo (TRETIN et al., 2002). Para Laister e Koubek (2001), a autonomia é composta de autenticidade e autodireção. A autenticidade respeita a capacidade do indivíduo de estar consciente de seus sentimentos, desejos, interesses, talentos e estilos característicos de atividade e aprendizagem, e adaptá-los uns aos outros. Autodireção refere-se à capacidade do indivíduo de formar planos de ação de forma racional e realizá-los. A autenticidade de cada aluno deve ser respeitada e a autodireção promovida em um ensino construtivista.

Geralmente, os LVA suscitam motivação nos alunos, pela ludicidade, interatividade, manipulação e controle de um ambiente, que permite uma adaptação ao seu tipo e ritmo de aprendizagem, associada à visualização de informações complexas sob uma ótica mais simples, facilitando a superação de dificuldades (TRETIN et al., 2002). Os alunos motivados apresentam maior interesse pelas atividades didáticas, sendo um fator que acelera o desenvolvimento cognitivo, uma vez que o aluno fica mais suscetível ao processo de assimilação de novos conhecimentos (MONDIN e DIAS, 2013).

O trabalho em grupo, defendido por Piaget e Vygotsky, promove a interação entre os alunos, melhorando sua aprendizagem, ao produzir conflitos cognitivos e exposição a pensamentos de alta qualidade (BARBOSA e JÓFILI, 2004). Também promove a autonomia dos alunos e pode apresentar características cooperativas ou colaborativas. Na aprendizagem cooperativa, cada grupo de alunos é responsável por realizar determinada tarefa, sendo o produto final uma colagem de todas as partes, assim, cada grupo tem conhecimento do aspecto estudado por ele, e se houver alguma apresentação dos demais grupos, terá informações sobre o todo (CRUZ, 2009). Nesta abordagem, há maior interferência do professor que controla a divisão dos grupos e/ou a distribuição de tarefas (TORRES e IRALA, 2014).

Na aprendizagem colaborativa, as tarefas são realizadas por todos os alunos do grupo que em diálogo e negociação, partilham ideias e produzem um único trabalho (CRUZ, 2009). Todos os alunos são responsáveis pelo sucesso ou fracasso do grupo, constituindo um relacionamento solidário e sem hierarquias, no qual os alunos tem autonomia para se autogovernarem quanto à distribuição de tarefas, para atingirem o objetivo compartilhado (TORRES e IRALA, 2014).

O erro do aluno, na perspectiva construtivista, tem papel importantíssimo na aprendizagem, pois avançar no conhecimento supõe tomar consciência dos erros e tentar superá-los, além de serem fonte de conflitos cognitivos (KOHEN, 2003). Portanto, nos LVA, é importante que exista um *feedback* para o aluno, não apenas mostrando a resposta correta, mas justificando as erradas (COSTA e FRANCO, 2005; CHAKUR, 2015).

Contraopondo à escola tradicional, centrada na transmissão puramente verbal do conteúdo, Piaget e Vygotsky propunham um ensino ativo (DELVAL, 2003), que leve em consideração os interesses dos alunos, apresente espaço para que desenvolvam e expressem a sua criatividade e autonomia.

Neste trabalho, pretendeu-se desenvolver o Laboratório Virtual de Biologia Celular sob uma perspectiva construtivista, levando em consideração os princípios aqui citados.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

Esta tese foi dividida em um artigo e quatro manuscritos, sendo os artigos pesquisas do tipo bibliográfica e os manuscritos resultados do desenvolvimento e aplicação do Laboratório Virtual de Biologia Celular em Ensino Médio Integrado. No manuscrito número um, intitulado “Laboratórios de ensino e aprendizagem no ensino de Ciências: estudo comparativo” foram comparados os três tipos de laboratórios de ensino e aprendizagem (presencial, remoto e virtual), disponíveis para o ensino de Ciências. Neste manuscrito, destacaram-se as características e limitações de cada tipo de laboratório e realizada uma exemplificação crítica, ou seja, propomos um exemplo de atividade prática sobre cores combinando os três laboratórios e analisamos a contribuição de cada laboratório no processo de ensino e de aprendizagem.

O artigo número um, intitulado “A inclusão digital no ensino de Ciências: analisando laboratórios virtuais de aprendizagem”, trata da análise de artigos publicados entre 2001 e 2015, que contemplaram laboratórios virtuais de aprendizagem aplicados (LVA) ao ensino da Biologia, Química e Física; disponíveis em língua portuguesa, espanhola e inglesa. O objetivo deste trabalho foi descrever características relevantes para que um LVA auxilie o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Foi publicado na Revista de Educação, Ciência e Tecnologia (Tear) na edição número um de 2017.

Para a compreensão da divisão dos demais manuscritos, primeiramente descreveremos a metodologia de desenvolvimento do Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) e de aplicação do mesmo no Ensino Médio Integrado. O projeto de desenvolvimento do LVBC é interinstitucional, uma vez que conta com pesquisadoras da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e alunos e professores do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul) câmpus Bagé. Além disso, é um projeto multidisciplinar por envolver profissionais de diversas áreas como: Biologia, Designer gráfico e Informática.

O LVBC levou três anos para ser desenvolvido, sendo que nos dois primeiros anos, foram analisados recursos audiovisuais na Internet quanto às informações estarem corretas, claras, não haver erros conceituais; qualidade da imagens e som. Após esta análise, percebemos a necessidade de criar alguns recursos e passamos a desenvolvê-los, que seriam imagens e animações, as quais foram criadas pelo aluno Rúben Júnior Ferreira do curso Técnico Integrado em Informática do IFSul câmpus Bagé e pela Empresa Nosso Cartoon Design & Web Services.

O último ano foi destinado para a programação do LVBC que foi realizada pela aluna Hiasmin Acosta Alves, durante o seu trabalho de conclusão, no curso Técnico Integrado em Informática do IFSul câmpus Bagé, sob orientação do professor Marcelo da Silveira Siedler. Houve também produção de material e atividades didáticas durante os três anos de desenvolvimento do LVBC. O trabalho multidisciplinar foi muito rico, porém demorado, a maior dificuldade encontrada foi o diálogo entre as três áreas do conhecimento (Biologia, Designer gráfico e Informática); levando algum tempo até que os produtos finais ficassem próximo ao idealizado pelas pesquisadoras.

O LVBC foi aplicado durante o primeiro período letivo de 2017, entre os meses de março e agosto, em três turmas, denominadas de A, B e C. A turma A é do curso Técnico Integrado em Informática e estava no 1º semestre, sendo composta por 33 alunos, entre 15 e 17 anos. As turmas B e C são do curso Técnico Integrado em Agropecuária e estavam no primeiro e quarto semestre, respectivamente. Na turma B, haviam 35 alunos com idade entre 15 e 17 anos; e na C, 25 alunos na faixa etária de 16 a 20 anos. Todas as turmas tinham o conteúdo de Biologia Celular previsto para o primeiro período letivo de 2017, sendo lecionado pelo mesmo professor regente. O primeiro e quarto semestres do curso de Agropecuária estudaram o mesmo conteúdo, em virtude de troca de grade curricular, que antecipou a disciplina de Biologia para o primeiro semestre do curso.

Em cada uma das três turmas foi utilizada uma metodologia diferente de aplicação do LVBC. Na turma A, foi aplicado o laboratório virtual de aprendizagem (LVA) em combinação com laboratório presencial (LP), sem haver aulas tradicionais; na B, houve uso alternado do LVA e LP com aulas tradicionais e na C, primeiro os alunos viram todo o conteúdo por meio de aulas tradicionais e depois utilizaram o LVBC e o LP (Figura 2). As aulas tradicionais foram expositivas com auxílio de Datashow, quadro e caneta, e ministradas pelo professor regente. O LVBC foi aplicado pela pesquisadora com auxílio do professor regente.

Para melhor compreensão da metodologia de aplicação do LVBC, esta foi dividida em dois momentos, no primeiro, foram lecionados os três tipos de células (procarionte, eucarionte animal e eucarionte vegetal) com detalhamento das estruturas celulares, como nomenclatura, morfologia e fisiologia. No segundo momento, foram estudados o material genético e divisão celular. Em nossa linha do tempo (Figura 2), o primeiro momento corresponde ao período entre o pré-teste e a prova 1, já o segundo momento está compreendido entre a recuperação paralela e a prova 2. A primeira atividade realizada pelas três turmas foi um pré-teste com intuito de verificar os conhecimentos prévios dos alunos, adquiridos durante o Ensino Fundamental e no cotidiano (Figura 2).

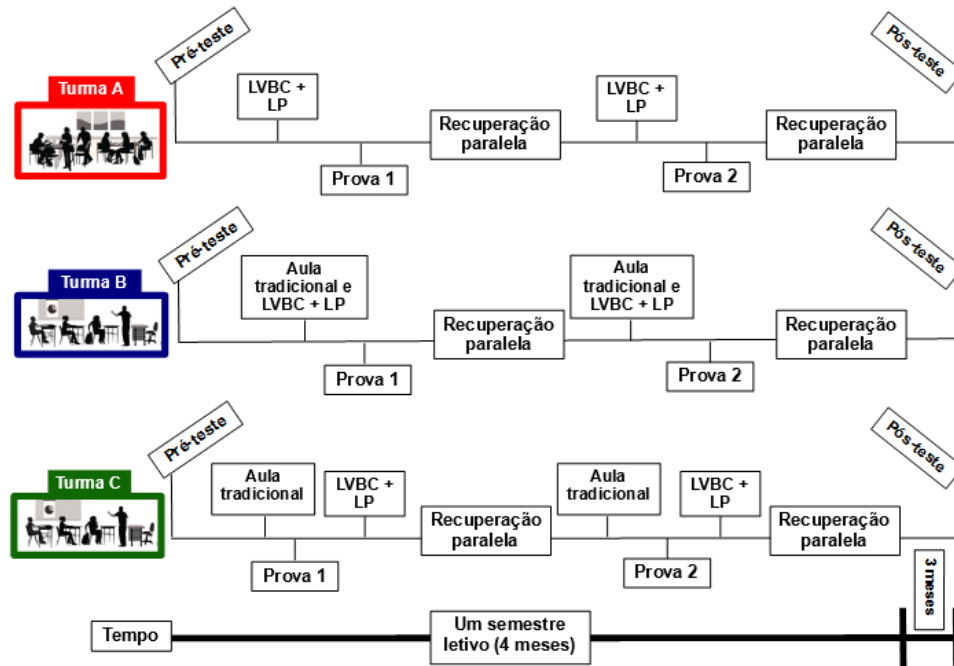


Figura 2. Linha do tempo mostrando as metodologias de aplicação do Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) nas turmas A, B e C. LP: laboratório presencial; aula tradicional: aula expositiva dialogada.

As provas e recuperações paralelas foram elaboradas e aplicadas pelo professor regente. No terceiro mês do segundo semestre letivo, no mês de novembro, foi aplicado o pós-teste, com objetivo de verificar se houve aprendizagem do conteúdo de Biologia Celular; e uma pesquisa de opinião para os usuários (alunos e professor regente). O manuscrito dois englobou o desenvolvimento e apresentação do LVBC de modo geral, bem como os resultados referentes ao pré e pós-teste, assim como da pesquisa de opinião dos usuários.

No manuscrito três, foram detalhados os recursos didáticos utilizados e apresentados os resultados referentes ao primeiro momento de aplicação do LVBC, no qual foram estudados os tipos celulares pelos alunos. O manuscrito quatro tratou da dramatização realizada no segundo momento, que compreendeu os conteúdos material genético e divisão celular.

2.2 MANUSCRITO 1 – LABORATÓRIOS DE ENSINO E APRENDIZAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ESTUDO COMPARATIVO

Aline Jaime Leal⁵

Lenira Maria Nunes Sepel⁶

Resumo. As atividades práticas são consideradas relevantes para o ensino de Ciências, mas os condicionantes: tempo, espaço, segurança, capacitação dos professores e recursos humanos explicam a pouca presença das mesmas na Educação Básica. A presença dos laboratórios de Informática nas escolas é mais evidente do que dos laboratórios de Ciências devido às políticas públicas de fomento a inclusão digital. Neste cenário, torna-se necessário investigar como os laboratórios de Informática, já instalados e em uso nas escolas, podem servir de estímulo para a realização de atividades práticas de Ciências. Neste estudo, realizou-se uma pesquisa do tipo bibliográfica a fim de comparar os laboratórios de ensino e aprendizagem presencial, remoto e virtual, destacando características, potencialidades e possibilidades de aplicação no ensino de Ciências. Um laboratório não sobrepõe o outro, em termos de desenvolvimento de habilidades e competências, sendo considerado ideal o uso combinado dos três tipos de laboratórios. Propomos, neste estudo, como estímulo ao uso combinado dos três tipos de laboratórios, a exemplificação crítica a partir da análise de propostas de execução de atividades práticas.

Palavras-chave: *tecnologias da informação e comunicação, atividades práticas experimentais, laboratório presencial, laboratório remoto e laboratório virtual de aprendizagem.*

Abstract. Practical activities are considered relevant for teaching Sciences, but the constraints: time, space, safety, teacher training and human resources explain the low presence of these in Basic Education. The presence of computer labs in schools is more evident than in the science labs due to public policies to foster digital inclusion. In this scenario, it is necessary

⁵ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Professora de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, câmpus Bagé.

⁶ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde pela Universidade Federal de Santa Maria. Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Maria.

to investigate how the computer labs, already installed and in use in the schools, can serve as stimulus for the accomplishment of practical activities of Sciences. In this study, a bibliographic research was carried out in order to compare the laboratories of teaching and learning in the classroom, remote and virtual, highlighting characteristics, potentialities and possibilities of application in science teaching. One laboratory does not overlap the other in terms of skill development and skills, and the combined use of the three types of laboratories is considered ideal. We propose, in this study, as a stimulus to the combined use of the three types of laboratories, the critical exemplification from the analysis of proposals for the execution of practical activities.

Key-words: *information and communication technologies, practical experimental activities, hands-on laboratory, remote laboratory and virtual learning laboratory.*

1. Introdução

As atividades práticas são destaque como metodologia pedagógica relevante para o ensino de Ciências (COQUIDÉ, 2008; MARANDINO et al., 2009), sendo recomendadas em documentos para a Educação Básica desde o século XIX (CAVICCHI, 2008). Essas atividades estimulam a participação ativa dos alunos, despertando sua curiosidade e interesse; contribuem para elaboração de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades, atitudes e competências relacionadas a fazer e entender a Ciência (ARAÚJO e ABIB, 2003).

Embora seja amplamente reconhecida a importância das atividades práticas, apenas uma fração pequena de professores realiza esse tipo abordagem e quando o faz, não explora toda a potencialidade do método (AXT e MOREIRA, 1991). Corroboram para isso duas visões ingênuas sobre este tipo de prática: a primeira de que a simples manipulação levaria a compreensão de conceitos (COQUIDÉ, 2008) e a segunda de que essas atividades são utilizadas basicamente para exemplificar, ilustrar ou comprovar o que é visto na aula teórica (ANDRADE e MASSABNI, 2011).

Para contornar as distorções expostas, as atividades práticas devem situar-se em um contexto de ensino e aprendizagem que possua tempo adequado para discussão, reflexão, interpretação e compreensão do que foi abordado; para não virar uma aula de laboratório sem significado para os alunos, que acabam atuando como meros executores de tarefas (ANDRADE e MASSABNI, 2011; ROSITO, 2000).

Os laboratórios de Ciências são os locais onde as atividades práticas tipicamente devem ocorrer, porém, muitas vezes, estão equipados de forma inadequada, estão ausentes ou são

aproveitados para outras finalidades pela escola devido à falta de uso (BINSFELD e AUTH, 2011). Contrapondo este cenário, estão os laboratórios de Informática, cada vez mais evidentes nas escolas (SANTANA, 2011), devido às políticas de inclusão de professores e alunos na ‘Era Digital’, principalmente, após a criação do Programa Sociedade da Informação em 1996.

Diante do exposto, torna-se interessante a inserção dos laboratórios de Informática no ensino de Ciências, uma vez que o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) pode contribuir e facilitar a aprendizagem dos alunos. Dentre as possibilidades destacam-se, para a realização de atividades práticas, os laboratórios remotos (LR) e os laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA).

Neste trabalho, é apresentado um estudo comparativo entre os laboratórios de ensino e aprendizagem: presencial (LP), remoto (LR) e virtual (LVA); destacando características, potencialidades e possibilidades de aplicação no ensino de Ciências.

2. O ensino de Ciências e as atividades práticas: aspectos históricos

Primeiramente, definiremos o termo atividades práticas utilizado neste estudo, uma vez que existem vários conceitos e concepções sobre o assunto, no entanto, duas abordagens são encontradas com maior frequência, sendo uma abrangente e outra mais restrita.

Para Hodson (1988), pode ser considerada aula prática qualquer trabalho em que os alunos estejam mais ativos do que passivos. Nessa concepção, uma gama muito grande de atividades pode ser considerada, tais como: atividades interativas baseadas no uso do computador, análise e interpretação de dados apresentados, resolução de problemas, elaboração de modelos, interpretação de gráficos, pesquisas bibliográficas, entrevistas e leitura (ANDRADE e MASSABNI, 2011; ROSITO, 2000).

Neste estudo, será utilizada a definição mais restrita, na qual as atividades práticas abrangem aquelas realizadas em laboratório, muitas vezes, denominadas de atividades experimentais (OLIVEIRA, 2010). Entretanto, nem todas as atividades realizadas em laboratório podem ser caracterizadas como experimentais, uma vez que podem não envolver experimentos na sua realização, caso da demonstração ou observação de um fenômeno; da aquisição de familiaridade com equipamentos, materiais e reagentes; da ilustração de princípios teóricos dentre outras (HODSON, 1988). Nesse sentido, utilizaremos apenas o termo atividades práticas para designar atividades de demonstração/observação, de verificação e de investigação, segundo a classificação proposta por Oliveira (2010), podendo as duas últimas apresentar caráter experimental.

Neste segundo momento, realizaremos uma análise histórica da aplicação de atividades

práticas no ensino de Ciências, para compreendermos o cenário atual da Educação Básica como um processo, que envolveu mudanças em políticas públicas, na conjuntura social e nas teorias de aprendizagem.

Atualmente as atividades práticas experimentais e mesmo as atividades práticas demonstrativas mais simples têm realização muito limitada ou até mesmo inexistente nas escolas. Os principais motivos apontados para a baixa frequência ou ausência dessas atividades são: falta de recursos financeiros para a aquisição de reagentes e equipamentos e para contratação de laboratoristas; problemas com recursos humanos, envolvendo deficiências na formação docente, que limita a proposição de atividades práticas; restrições de espaço físico devido ao elevado número de alunos ou escassez de laboratório de Ciências nas escolas; falta de tempo para planejamento e execução das aulas práticas, uma vez que as aulas teóricas são priorizadas pelo currículo escolar; e problemas com segurança (BEREZUK e INADA, 2010; ANDRADE e MASSABNI, 2011; CARDOSO e TAKAHASHI, 2011; SANTANA, 2011; BIANCHI, 2012).

Historicamente, as atividades práticas começaram a ter visibilidade nas escolas brasileiras a partir de 1930, nos moldes do Escolanovismo, enfatizando a atividade e o interesse do aluno (CHAKUR, 2015), contrapondo métodos tradicionais de ensino, que eram fortemente alicerçados em aulas teóricas com atividades de leitura e transcrição de textos (MARANDINO et al., 2009). A defesa da inclusão de aulas práticas no ensino de Ciências, na Educação Básica, ganha respaldo oficial após 1946, com a criação do Instituto Brasileiro de Ciência e Cultura (IBECC), que atuou na produção e distribuição de material didático para a realização de práticas laboratoriais em escolas públicas e privadas (ABRANTES e AZEVEDO, 2010).

Na década de 60, houve maior valorização do ensino de Ciências, devido às mudanças nas políticas educacionais nacionais, que tornaram obrigatória a inclusão da disciplina de Ciências em todas as séries do Ginásio (LDBEN n° 4024/61). O cenário internacional também corroborou, uma vez que a competição tecnológica, associada à Guerra Fria, promoveu investimentos de recursos financeiros e humanos para produzir os projetos de primeira geração no ensino de Ciências para o nível médio (SANTOS, 2017). O ensino no Brasil foi fortemente influenciado pelas propostas norte-americanas que incluíam métodos ativos e laboratórios de aulas práticas, sendo traduzido e adaptado o material didático criado pelo *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS) pelo IBECC (KRASILCHIK, 2000; ABRANTES e AZEVEDO, 2010). A importação dessa proposta não atingiu de modo pleno seus objetivos, em parte pelo preparo inadequado dos professores, que deveriam aplicar as propostas em sala de aula, e por problemas de tradução do material didático, que servia de apoio (NASCIMENTO et al., 2010).

O trabalho realizado no IBECC, porém, é reconhecido como expressivo para o fomento de realização de atividades práticas no país e contribuiu para que as mesmas fossem difundidas e valorizadas (ABRANTES e AZEVEDO, 2010).

Nas décadas seguintes, há um redirecionamento nas políticas públicas e no discurso pedagógico que, de acordo com Krasilchick (2000), dará para as atividades práticas, envolvendo laboratórios, um papel secundário no ensino de Ciências, passando a ser metodologia coadjuvante. Em 1971, com a promulgação da LDBEN nº 5692/71, o ensino de Ciências foi ampliado e se tornou obrigatório para todas as séries do 1º Grau, junto houve uma mudança no papel da escola, que passou a enfatizar a formação de trabalhadores (NASCIMENTO et al., 2010). A concepção de Ciência, nesta época, foi predominantemente empírica-indutivista e as teorias comportamentalistas influenciaram as metodologias aplicadas em sala de aula (NASCIMENTO et al., 2010). Os planejamentos de ensino eram objetivos, operacionalizados e redigidos por princípios de racionalidade, eficiência e produtividade (CHAKUR, 2015). Neste contexto, as atividades práticas estavam relacionadas ao desenvolvimento de habilidades técnicas e fixação de conhecimentos sobre fenômenos e fatos (KRASILCHIK, 2000).

Nas últimas décadas do século XX, as teorias sobre currículo e as concepções sobre os propósitos da educação ganharam novas abordagens, a ideia de Ciência como produto sócio-cultural tornou-se preponderante, assim como as teorias Cognitivistas e Socioconstrutivistas de Jean Piaget e Lev Vygotsky, respectivamente (NASCIMENTO et al., 2010). De acordo com Krasilchick (2000), neste período, as atividades práticas foram consideradas elemento de aferição do estágio de desenvolvimento do aluno e de ativação do progresso ao longo desses estágios e do ciclo de aprendizado.

Também caracterizou o final do século XX a chamada Revolução da Informação, que, desde então, tem trazido transformações na produção, processamento e distribuição de informações (VIEIRA e CASTANHO, 2008). O desenvolvimento das tecnologias baseadas em Informática impõe alterações em todos os níveis de ensino (PRENSKY, 2014) e desencadeiam discussões, tendo como ideias centrais para a reorganização de currículos: a integração entre teoria e prática, a necessidade de abordagens interdisciplinares e a contextualização do conhecimento em relação ao cotidiano (GIL et al., 1990; DUARTE et al., 2008).

No Brasil, por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2000) informam que o aluno deve adquirir conhecimentos básicos, preparação científica e capacidade de utilizar diferentes tecnologias. Em documentos mais recentes (BRASIL, 2006; BRASIL, 2013), as atividades práticas para o ensino de Ciências são

mencionadas como método pedagógico recomendado. Porém, diferentemente do que ocorreu na década de 60, as políticas públicas do início desse século não foram acompanhadas por investimentos financeiros.

O censo escolar realizado pelo Ministério da Educação em 2016, evidencia as situações de ausência e de falta de espaço para a realização de aulas práticas, uma vez que apenas 38,25% das escolas brasileiras de Ensino Fundamental (anos finais) e Ensino Médio possuem laboratório de Ciências (Tabela 1). Comparativamente, cerca de 75% das escolas possuem laboratório de Informática e 87,75% têm acesso à Internet (Tabela 1), refletindo a existência de políticas específicas para a inclusão digital nas escolas.

Tabela 1. Presença de Laboratório de Ciências e de Informática e acesso à Internet nas escolas brasileiras de Ensino Fundamental anos finais e Ensino Médio

Nível de ensino das escolas	Laboratório de Ciências (%)	Laboratório de Informática (%)	Acesso à Internet (%)
Anos finais do Ensino Fundamental	25,2	67,8	81
Ensino Médio	51,3	82,7	94,5
Média (%)	38,25	75,25	87,75

Fonte dos dados: Censo da Educação Básica 2016 (Brasil, 2017).

Neste cenário, analisar propostas de laboratórios remotos (LR) e virtuais de aprendizagem (LVA) disponíveis e investigar as possibilidades de uso dos laboratórios de Informática para estimular atividades práticas, é uma forma de contribuir para uma melhor formação em Ciências, estimular o contato com as TIC e o desenvolvimento de habilidades necessárias para a inclusão digital e alfabetização científica.

Desse modo, realizou-se a organização de descrições e comparações entre os diferentes tipos de laboratórios de ensino e aprendizagem a fim de analisar possibilidades de utilização desses recursos como incentivo à promoção de atividades práticas. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre laboratórios presenciais (LP), remotos (LR) e virtuais de aprendizagem (LVA), cujos resultados serão apresentados a seguir.

3. Laboratórios de ensino e aprendizagem: classificação e potencialidades

Os laboratórios de ensino e aprendizagem podem ser classificados em três tipos: laboratórios presenciais (LP) ou de manipulação, laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA)

ou de simulação e laboratórios remotos (LR) (MA e NICKERSON, 2006; SCHMITT e TAROUCO, 2008). Os LP envolvem experimentos fisicamente reais, nos quais todos os equipamentos estão materialmente disponíveis e podem ser manipulados por alunos, que estão presentes no laboratório, ao mesmo tempo que seus colegas e professor (MA e NICKERSON, 2006; SCHMITT e TAROUCO, 2008). Eram os únicos laboratórios existentes até a década de 80, uma vez que os LVA e os LR só foram desenvolvidos no final do séc. XX (NÁJERA e ESTRADA, 2007; MACHOTKA et al. 2011).

Os LR necessitam de espaço e equipamentos como os LP; porém, os experimentos são controlados por um experimentador que está geograficamente distante (MA e NICKERSON, 2006). Neste caso, o acesso remoto ocorre através de um computador ligado à Internet, o qual possui a capacidade de comandar alguns dispositivos periféricos e adquirir imagens em tempo real (CHEN et al., 2010; LOPES, 2007). Esses laboratórios são ferramentas ideais para o ensino de habilidades de trabalho colaborativo, uma vez que podem ser compartilhados por muitas instituições e alunos do mundo todo (MÜLLER e ERBE, 2007).

A maioria dos LR são destinados a cursos da área das Engenharias (CARDOSO e TAKAHASHI, 2011). Como é o caso do NetLab (NEDIC et al., 2003), LR utilizado para o estudo de circuitos elétricos, que permite o trabalho colaborativo, ao disponibilizar chat para os usuários, possibilitando que até três alunos realizem o experimento simultaneamente. Foi projetado para ser o mais próximo possível de um LP, apresentando a interface gráfica do usuário composta por fotografias de equipamentos reais, com botões animados que podem ser manipulados pelos alunos e zoom para observação de um equipamento específico ou do laboratório como um todo.

Um outro exemplo de LR foi o desenvolvido por Lopes (2007) sobre óptica para a Educação Básica, no qual os alunos verificaram a influência de diversas radiações nas cores apresentadas por objetos do seu cotidiano. Esse LR pode ser utilizado na modalidade presencial para demonstração por parte do professor ou ter caráter investigativo se trabalhado por pequenos grupos, havendo a possibilidade de ser usado também à distância.

Os LVA consistem em páginas *web* ou *softwares*, nos quais é possível realizar atividades práticas, obter e analisar dados a partir de simulações, tanto para funcionamento de equipamentos quanto para uso de materiais e reagentes. Também, nos LVA, podem ser definidas variáveis e parâmetros que interfiram nos resultados, havendo possibilidade de criar cenários novos a cada execução (BREAKEY et al., 2008).

Com a evolução das TIC, os LVA se tornaram importantes recursos didáticos para o ensino das Ciências, facilitando o processo de aprendizagem dos alunos (KRIPPENDORF e

LOUGH, 2005; WOODFIELD et al., 2005; YANG e HEH, 2007), sendo que várias instituições desenvolvem programas de instrução e cursos utilizando esse tipo de abordagem.

A Universidade Estatal à Distância da Costa Rica (UNED) foi uma das pioneiras no uso de LVA. Começando em 1997, com quatro laboratórios virtuais, que foram expandidos para 12 em 2004, os quais abordam assuntos diversos da Biologia como: Ecologia, Evolução, Citologia, dentre outros (NÁJERA e ESTRADA, 2007). Os 12 LVA foram bem avaliados pelos alunos, que consideraram sua execução fácil e agradável, assim como suas ilustrações e demais aspectos gráficos de boa qualidade. Além disso, os LVA facilitaram a compreensão do conteúdo teórico e motivaram os alunos a buscar bibliografia complementar.

Outro exemplo que merece destaque é o LVA desenvolvido por Crosier et al. (2000) por tratar do tema radioatividade no Ensino Médio, assunto que não permite a realização de atividades práticas presenciais por questões de segurança. Porém, com o LVA, os alunos conseguiram determinar níveis de radiação utilizando-se o contador Geiger, demonstrando a relevância desses ambientes virtuais quando há limitações que impossibilitam a “experimentação física”.

4. Comparação dos três tipos de laboratórios de ensino e aprendizagem

Comparações entre os três tipos de laboratórios de ensino e aprendizagem são relevantes para um uso mais adequado dos mesmos, levando em consideração a realidade da escola e os objetivos de ensino que se pretende alcançar (Quadro 1). As condições de tempo, espaço e segurança para a execução de atividades experimentais são elementos que apresentam diferenças bem notáveis. Sendo os LR e LVA mais adequados para situações em que esses aspectos são limitantes (CARNEVALE, 2003; GIBBONS et al., 2004; LOPES, 2007; BREakey et al., 2008; MUHAMAD et al., 2010; AMARAL et al., 2011).

Os altos custos de implementação e manutenção, bem como a necessidade de técnicos especializados para a conservação, têm sido apontados como fatores que reduziram a existência dos LP nas escolas (BEREZUK e INADA, 2010). Comparativamente, os LR possuem um custo médio (ELAWADY e TOLBA, 2009) e os LVA podem requerer elevado valor na fase de desenvolvimento (CARNEVALE, 2003), porém, depois de criados, têm utilização ilimitada - tanto em relação ao número de usuários quanto ao número de vezes que uma atividade pode ser executada (RAINERI, 2001; SUBRAMANIAN e MARSIC, 2001). Deste modo, o investimento inicial em um LVA pode ser compensado a curto prazo, uma vez que esse tipo de laboratório não necessita de reposição de reagentes ou de materiais de consumo, além de não permitir manipulações inadequadas que acarretem perdas de materiais (CARNEVALE, 2003).

Sob esse aspecto, os LVA apresentam também menor impacto ambiental, pois geram quantidade irrisória de resíduos (JIMÉNEZ, 2014), quando comparado aos demais laboratórios.

A escolha por qual tipo de laboratório utilizar deve levar em consideração também qual tipo de atividade prática se deseja realizar. As atividades de demonstração/observação são tipicamente realizadas nos LP, mas também podem ocorrer em LVA e LR, na modalidade presencial, o que é menos usual. Para Oliveira (2010), essas atividades possuem as vantagens de ocupar pouco tempo, podendo integrar a aula expositiva e são recomendadas quando não há materiais nem espaço disponível para que todos os estudantes realizem a prática. Porém, o autor aponta como desvantagens a desmotivação do estudante e sua falta de atenção por só observar o experimento realizado pelo professor.

As atividades de verificação têm como principal objetivo a confirmação de uma lei ou teoria (OLIVEIRA, 2010). Embora possam ser realizadas nos três tipos de laboratórios, são práticas mais adequadas para os LVA, devido à previsibilidade dos resultados, que podem ser pré-estabelecidos pelo programador. Essas atividades podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades, tais como: a capacidade de reflexão, de efetuar generalizações e de realizar atividades em grupo (ARAÚJO e ABIB, 2003; OLIVEIRA, 2010).

As atividades de investigação são mais adequadas para os LP e LR, pois esses laboratórios fornecem dados reais e possibilitam uma aprendizagem por tentativa e erro (NEDIC et al., 2003). Nessas atividades, o aluno defronta-se com resultados inesperados e para explica-los desenvolvem a argumentação e habilidades cognitivas de alta ordem, como a elaboração de hipóteses (SUART et al., 2009). A ação do estudante não se limita a manipulação e observação, mas pode participar de todas as etapas da pesquisa, propondo suas hipóteses para o problema, coletando dados, analisando e elaborando conclusões, ou seja, participando da construção do seu conhecimento (AZEVEDO, 2004; SUART et al., 2009). Porém, essas atividades nem sempre são realizadas nas escolas, pois requerem mais tempo para serem executadas, exigem experiência dos estudantes nas práticas laboratoriais, assim como maior planejamento e orientação por parte dos professores (OLIVERIA, 2010; SUART e MARCONDES, 2008).

Sob o ponto de vista das políticas de inclusão, conta a favor dos LVA e LR a flexibilidade quanto à acessibilidade, pois podem ser utilizados também na modalidade à distância e compreender tecnologias assistivas específicas para grupos de alunos portadores de necessidades especiais (MACEDO, 2009; SILVA, 2012).

Quadro 1. Comparação de alguns aspectos relevantes encontrados nos laboratórios presenciais (LP), remotos (LR) e virtuais de aprendizagem (LVA)⁷

Aspecto	LP	LR	LVA
Tempo	☹ Sem possibilidade de reduzir a duração das atividades; períodos de inatividade e/ ou tempos de espera para atender aos protocolos.	☹	😊 Fluxo contínuo da atividade, sem períodos de inatividade, protocolos sem tempos de espera.
Espaço	☹ Há limite de usuários.	😊 Pode ter uso simultâneo, mas para tarefas distintas.	😊 Sem limite de usuários.
Segurança	☹ Necessidade de supervisão constante.	😊 Sem risco algum para o usuário.	😊
Equipamentos e materiais	☹ Aquisição, reposição e manutenção periódicas.	☹	😊 Exige apenas equipamento para execução das simulações.
Custo econômico	☹ Alto	😊 Médio (para um número reduzido de laboratórios)	😊 Baixo
Repetibilidade das atividades práticas experimentais	☹ Executar mais de uma vez demanda tempo, espaço, supervisão e recursos materiais; possibilidade de resultados inesperados devido a variáveis aleatórias.	😊 Sem limitações de tempo e espaço para a repetição de atividades, que dependem da disponibilidade de recursos materiais; resultados inesperados devido a variáveis aleatórias.	😊 Possibilidade de múltiplas execuções rápidas, sem custos, com obtenção de resultados consistentes; todas as variáveis são controladas.
Impacto ambiental	☹ Alto	☹	😊 Baixo
Natureza dos dados coletados ou fornecidos ao usuário	😊 Real	😊	☹ Ideal
Atividades práticas mais adequadas	😊 Demonstração, verificação e investigação.	😊 Demonstração, verificação e investigação	😊 Demonstração e verificação.
Acessibilidade	☹ Restrições típicas dos ambientes reais, com agravantes de risco pela presença de equipamentos e reagentes.	😊 Restrições podem ser superadas com o uso de tecnologias assistivas.	😊
Modalidade de ensino	😊 Somente presencial	😊 Presencial e à distância	😊
Habilidades	😊 Habilidades de planejamento e criação de produtos ou processos, habilidades profissionais e compreensão de conceitos.	😊 Compreensão de conceitos, habilidades profissionais e sociais.	😊 Compreensão de conceitos, habilidades profissionais e sociais.

Quanto ao desenvolvimento de habilidades, Ma e Nickerson (2006) analisaram 60 artigos e perceberam que os LP enfatizam mais a compreensão de conceitos e o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao planejamento e à criação de produtos ou

⁷ Os *emojis* indicam se os aspectos mencionados na tabela são atendidos de forma insatisfatória ☹, parcialmente satisfatória 😊 ou satisfatória 😊 para cada tipo de laboratório de ensino e aprendizagem. Quando é utilizado o mesmo *emoji* mais e uma vez para um determinado aspecto, significa que a informação se repete. Autoria própria.

processos, sendo também reconhecida a importância das habilidades profissionais. Os LR já focam na compreensão de conceitos e nas habilidades profissionais assim como os LVA. As habilidades sociais foram pouco representadas nos artigos analisados por esses autores, porém podem ser desenvolvidas com maior facilidade nos LVA e LR, uma vez que os usuários de diferentes localidades podem realizar tarefas colaborativas e cooperativas através da Internet.

A discussão dos resultados expostos nesta seção, sobre o estudo comparativo dos três tipos de laboratórios de ensino e aprendizagem (LP, LR e LVA), será realizada a seguir.

5. Qual tipo de laboratório de ensino e aprendizagem usar?

O uso de atividades práticas e de novas tecnologias são importantes, mas por si só não contribui para um efetivo ensino de Ciências. Ambas são metodologia e recurso pedagógico, respectivamente, as quais definem como determinado conteúdo será ensinado, mas não podemos perder o foco no que desejamos ensinar.

Gatt (2005) destaca que atividades práticas experimentais organizadas apenas para coleta e processamento de dados, sem uma análise crítica sobre o que está sendo estudado, tendem a ser irrelevantes. Para Prensky (2014), a educação do futuro deve estar apoiada nas novas tecnologias, porém deve-se tomar cuidado para não continuar ensinando o currículo antigo apenas com outras ferramentas pedagógicas. Desta forma, a escolha por uma determinada metodologia e/ou recurso pedagógico deve estar associada, primeiramente, ao tipo de conteúdo que se pretende ensinar e para que, ou seja, quais são as habilidades e competências que esperamos que nossos alunos desenvolvam.

Os quatro tipos de conteúdo considerados por Zabala (1998): factuais, conceituais, atitudinais e procedimentais podem ser abordados pelas atividades práticas utilizando-se laboratórios de ensino e aprendizagem. Porém, há especificidades que se adequam melhor a um tipo de laboratório, como abordar os conteúdos procedimentais nos LP, uma vez que os LR e LVA não permitem a manipulação física de equipamentos e materiais, o que limitaria o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao planejamento e à criação de produtos ou processos (Quadro 1). Os conteúdos conceituais podem ser apresentados com enfoque diferenciado nos LVA, pois, neste tipo de laboratório, é possível visualizar estruturas e fenômenos a nível submicroscópico (HERGA e DINEVSKI, 2012), o que contribuiu para a compreensão de conceitos importantes do ensino de Ciências. Os conteúdos factuais e atitudinais estão mais relacionados às habilidades profissionais, abordadas pelos três tipos de laboratórios, e sociais, que podem ser desenvolvidas com maior amplitude nos LVA e LR devido à Internet (Quadro 1).

Após se determinar o que e para que ensinar, a próxima etapa é discutir como ensinar. No caso dos laboratórios de ensino e aprendizagem, o ensino ocorre, principalmente, através de três tipos de atividades práticas: de demonstração/observação, de verificação e de investigação; que estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento de habilidades e competências nos alunos (Quadro 1). Assim, o tipo de atividade prática e, conseqüentemente, qual laboratório utilizar devem estar de acordo com os objetivos de ensino e aprendizagem estabelecidos previamente.

O processo de ensino e aprendizagem envolve diversas situações que podem ser atendidas de modo ideal pelo uso combinado dos três tipos de laboratórios, visto que um laboratório não substitui o outro, mas se complementam, na medida que cada um permite uma abordagem distinta do conteúdo. Nesse sentido, a apresentação e análise de planejamentos onde essas associações se desenvolvem é uma estratégia relevante, pois pode estimular a aplicação dos diferentes laboratórios, ficando a critério do professor realizar as devidas adaptações às suas condições de ensino. Com essa intenção, foi desenvolvido o exemplo de aplicação combinada dos três tipos de laboratórios (LP, LV, LR), utilizando o tema cores, com uma abordagem adaptada para o Ensino Fundamental.

No LP, os alunos poderão observar a decomposição da luz branca em um experimento simples, no qual se incide a luz de uma lanterna sobre um copo d'água e se observa as cores que compõem a luz branca em uma folha branca. Após, os alunos poderão construir um disco de Newton, utilizando cartolinas que apresentem as sete cores do arco-íris: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Ao girar o disco, observarão a cor branca e assim, compreenderão que a luz branca é composta pelas sete cores mencionadas acima⁸.

No LR desenvolvido por Lopes (2007), é possível incidir luz vermelha, azul ou verde de forma isolada ou conjugada (duas ou três cores) sobre quatro tipos de objetos: um limão amarelo, uma bola branca, uma maçã vermelha e uma bola preta. Através da webcam, os alunos podem visualizar a cor refletida pelo objeto selecionado (Figura 1).

⁸ A metodologia para a realização de ambos experimentos no laboratório presencial está disponível no Portal do Professor (<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1750>).

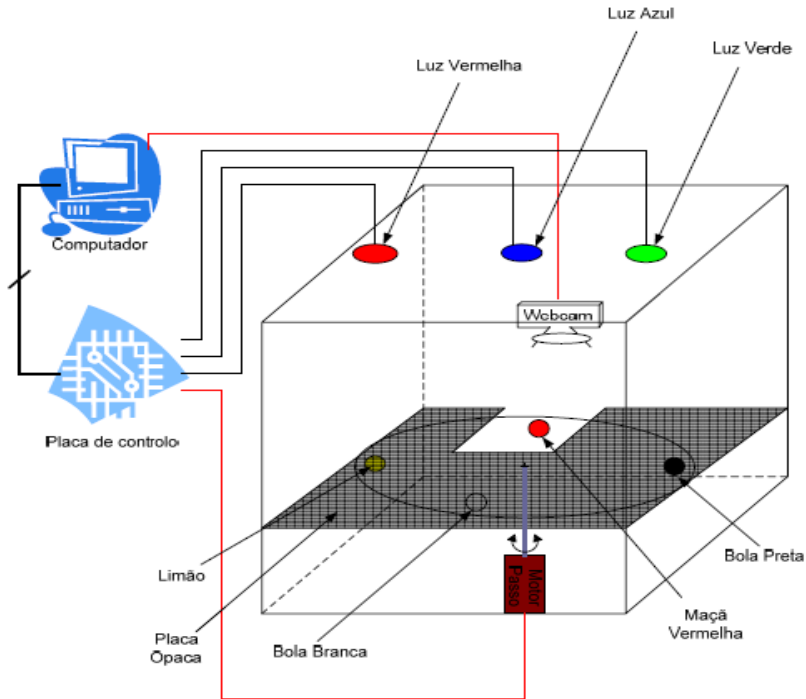


Figura 1. Esquema de montagem da experiência sobre cores realizada no laboratório remoto criado por Lopes (2007). Fonte: Lopes (2007).

Na figura 2, podemos observar o painel de controle do LR, no qual é possível selecionar o tipo de luz e objeto a ser utilizado no experimento. Esse LR pode ser utilizado por apenas um usuário por vez.

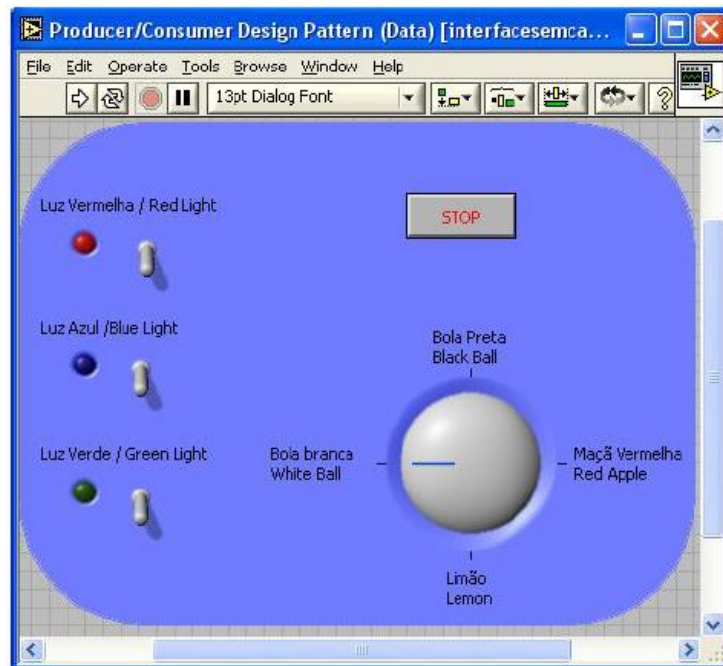


Figura 2. Painel de controle do laboratório remoto criado por Lopes (2007). Fonte: Lopes (2007).

Com a simulação Visão de cor, disponível no PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder⁹, o aluno pode manipular a cor da luz incidente e a cor do filtro de luz a fim de observar que cor é visualizada pelos nossos olhos. No exemplo representado na figura 3, as cores da luz incidente e do filtro estão na mesma faixa do espectro, no vermelho, desse modo, nosso olho enxergará a luz refletida na cor vermelha.

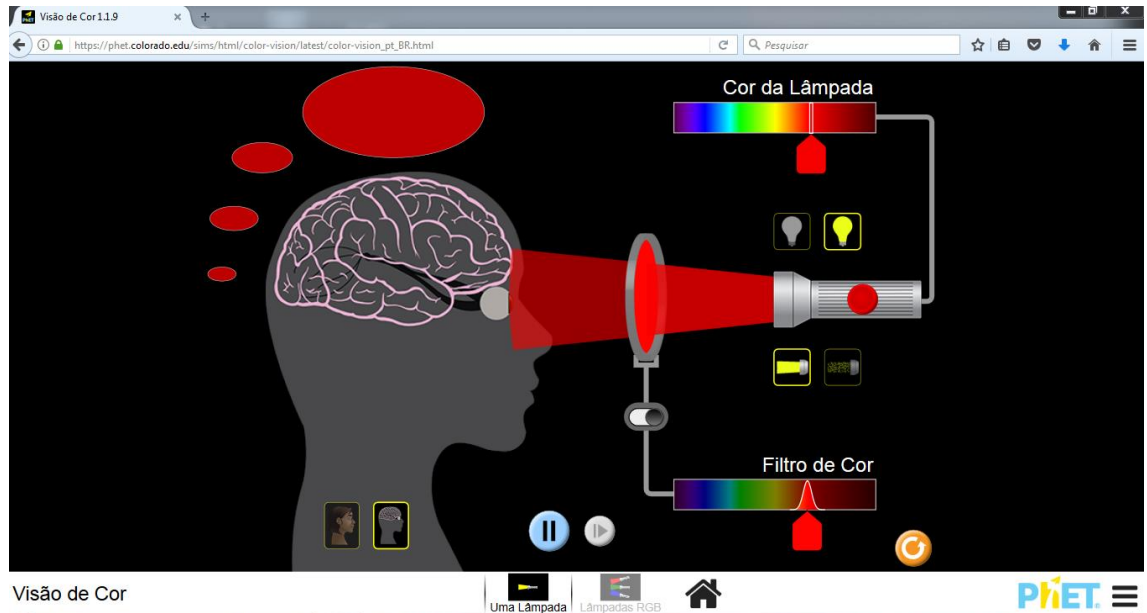


Figura 3. Simulador Visão de cor com cor do filtro e da lâmpada no vermelho e observação da cor vermelha pelo olho humano. Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_pt_BR.html.

A sequência dos três recursos pedagógicos vai depender dos objetivos de aprendizagem selecionados pelo professor. Quando utilizados na sequência exposta, LP – LR – LVA, o conteúdo cores é abordado em nível crescente de complexidade, ou seja, começando pelos experimentos mais simples. Além disso, os alunos utilizarão o LR e o LVA já compreendendo o espectro da luz visível. Porém, é possível que os alunos utilizem o LVA e LR primeiramente, observando a reflexão das cores e posteriormente, compreenderem que a luz branca é composta pelas sete cores do arco-íris e que pode ser decomposta nas mesmas com os dois experimentos no LP.

Os LR e LP têm grande potencialidade de uso na Educação Básica, porém a maioria continua sendo destinada para o Ensino Superior (CARDOSO; TAKAHASHI, 2011; LEAL; SEPEL, 2017). Isso ocorre, principalmente, porque o desenvolvimento de LR e LVA: envolve

⁹ A simulação Visão de cor disponível no PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder pode ser acessada pelo link https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_pt_BR.html.

um grupo multidisciplinar de profissionais (docente da área a que se destina, designer, profissionais da área da Informática) e demora muito tempo, sendo difícil de serem elaborados por docentes da Educação Básica; além disso, geralmente, as instituições de ensino criam esses laboratórios, especialmente os LR (LOPES, 2007), para uso exclusivo de seus alunos. Neste contexto, verifica-se a necessidade de mais parcerias entre as instituições de Ensino Superior e de Educação Básica, como ocorre no Laboratório Didático Virtual¹⁰ criado pela Universidade de São Paulo e com o Laboratório Remoto Visir desenvolvido por instituições da União Europeia e disponibilizado para o Instituto Federal de Santa Catarina.

Além da baixa disponibilidade de LR e LVA para uso na Educação Básica, outros fatores limitam a utilização desses recursos, bem como das TIC de modo geral, tais como: carência de formação inicial e continuada de professores, infraestrutura escolar deficiente, dificuldade de integrá-los aos currículos escolares, resistência de professores para utilizá-los e falta de tempo para o planejamento de atividades que os empregue (SOARES-LEITE e NASCIMENTO-RIBEIRO, 2012; ATANAZIO e LEITE, 2017). Os fatores que envolvem formação docente são os mais complexos e difíceis de serem superados, pois implicam em uma reforma curricular dos cursos de licenciatura (RODRIGUES, 2011) e cursos regulares para os professores, a fim de que tenham qualificação para fazer uso das TIC nas escolas. Lembrando que essa capacitação envolve mais do que ter o conhecimento básico em Informática, mas saber utilizar as novas tecnologias como recursos didáticos para que auxiliem o processo de ensino e aprendizagem.

Possuir uma infraestrutura adequada, como laboratórios de Informática e acesso à Internet, é fundamental para a inserção dos LVA e LR, no contexto escolar. Porém, estudos, realizados em países europeus, indicam que mesmo com infraestrutura apropriada, o uso das TIC é limitado e quando ocorre não resulta em melhorias ou inovação do ensino, pois os professores tendem a continuar realizando as mesmas práticas, conforme seus pensamentos pedagógicos e sua visão de processo de ensino e aprendizagem (COLL e MONEREO, 2010). Neste contexto, percebe-se que há necessidade de mudanças de concepções, atitudes e rotinas dos professores e na cultura das instituições de ensino para que haja uma integração das TIC no currículo escolar (HUNG et al., 2015).

A resistência dos professores para utilizar as novas tecnologias está associada principalmente a dois fatores: a insegurança frente ao aluno, que possui maior domínio tecnológico (COLL e MONEREO, 2010); e a idade, quanto mais elevada sua faixa etária do

¹⁰ O Laboratório Didático Virtual criado pela Universidade Estadual de São Paulo (USP) tem o seguinte link de acesso <http://www.labvirt.fe.usp.br/>.

professor, menor a familiaridade com as tecnologias, o que reduz o uso das mesmas em sala de aula (SOARES-LEITE e NASCIMENTO-RIBEIRO, 2012).

Acreditamos que algumas restrições para o uso das novas tecnologias no contexto escolar, já mencionadas, possam ser mitigadas com a exemplificação crítica de recursos didáticos, acompanhados de metodologias de aplicação capazes de ser facilmente adaptadas. Como foi realizada neste estudo, pela combinação dos três tipos de laboratórios (LP, LR e LVA) para o ensino do conteúdo cores. A exemplificação crítica pode demonstrar que o uso do LR e LVA é simples, não necessitando de conhecimentos aprofundados de Informática, o que é considerado um entrave por muitos professores. O detalhamento de metodologias de aplicação facilita e agiliza o planejamento de atividades que utilizem os três tipos de laboratórios, podendo o professor escolher a que melhor se aplica a sua realidade em sala de aula e seus objetivos de ensino e aprendizagem em menor tempo, além de visualizar com maior clareza a inserção das atividades práticas e dos laboratórios de ensino e aprendizagem no currículo escolar.

6. Considerações finais

A abordagem de aspectos históricos sobre o ensino de Ciências e das atividades práticas nas formações inicial e continuada é importante, para que o professor compreenda como mudanças em políticas públicas, na conjuntura social, nas teorias de aprendizagem e de ordem econômica afetam sua prática docente.

O conhecimento sobre as características, potencialidades e limitações dos LP, LR e LVA promove a autonomia do professor para planejar e executar atividades práticas que empreguem o laboratório mais adequado para cada situação de ensino.

É fundamental destacar para os professores que um laboratório não sobrepõe o outro em termos de desenvolvimento de habilidades e competências, sendo considerado como o ideal o uso combinado dos três (LP, LR e LVA). Porém, para superar o uso incipiente dos LR e LVA na Educação Básica há necessidade, tanto de desenvolvimento de recursos mais diversificados quanto de divulgação das possibilidades pedagógicas.

Propomos como incentivo para a aplicação das associações entre laboratórios de ensino e aprendizagem a exemplificação crítica a partir da análise de propostas de execução de atividades práticas, que possam: contribuir para diminuir a resistência dos professores para utilizarem esses recursos, reduzir o tempo necessário para planejamento das atividades, favorecer a percepção do professor quanto a realização de transposições didáticas necessárias

para os contextos escolares onde atuam e instigar a integração desses recursos ao currículo escolar.

Referências bibliográficas:

ABRANTES, Antônio Carlo de. C. S.; AZEVEDO, Nara. O Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura e a institucionalização da ciência no Brasil, 1946-1966. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.**, Belém, v. 5, n. 2, p. 469-489, mai-ago 2010.

AMARAL, Érico M. H.; ÁVILA, Bárbara; ZEDNIK, Herik; TAROUCO, Liane. Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 9, n. 2, p. 1-11, dez. 2011.

ANDRADE, Marcelo Leandro Feitosa de; MASSABNI, Vânia Galindo. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de Ciências. **Ciência & Educação**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

ATANAZIO, Alessandra Maria Cavichia; LEITE, Álvaro Emílio. **Integração das tecnologias da informação e comunicação (TIC) à prática docente: alguns desafios**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 3 a 6 de julho de 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2249-1.pdf>. Acesso em: 02 out. 2017.

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Ana Maria de Pessoa. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2004.

AXT, Rolando; MOREIRA, Marco Antônio. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista de Ensino de Física**, v. 13, p. 97-103, dez. 1991.

BEREZUK, Paulo Augusto; INADA, Paulo. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 207-215, 2010.

BIANCHI, Vaniria Lysyk Teixeira. **A motivação de professores para o uso do laboratório de Ciências no ensino de Biologia**. Maringá, UEM, 2012. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, 2012.

BINSFELD, Silvia Cristina; AUTH, Milton Antonio. **A Experimentação no Ensino de Ciências da Educação Básica: constatações e desafios**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, VIII, 2011, Campinas. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R1382-1.pdf. Acesso em: 03 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2006.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica**. Brasília: MEC/SEB, 2013.

_____. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar da Educação Básica 2016: Notas estatísticas**. Brasília: MEC/INEP, 2017.

BREAKEY, Kate M.; LEVIN, Daniel; MILLER, Ian; HENTGES, Kathryn E. The Use of Scenario-Based-Learning Interactive Software to Create Custom Virtual Laboratory Scenarios for Teaching Genetics. In: PUKKILA, Patricia J. (Eds), *Genetics Education: Innovations in Teaching and Learning Genetics*. **Genetics**, v. 179, n. 3, p. 1151–1155, jul. 2008.

CARDOSO, Dayane Carvalho; TAKAHASHI, Eduardo Kojy. 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.

CARNEVALE, Dan. The Virtual Lab Experiment: Some colleges use computer simulations to expand science offerings online. **The Chronicle of Higher Education: Information Technology**, p. 1-5, jan. 2003.

CAVICCHI, Elizabeth Mary. Historical Experiments in Students' Hands: Unfragmenting Science through Action and History. **Science & Education**, v. 17, p.717–749, ago. 2008.

CHAKUR, Cilene Ribeiro de Sá Leite. **A desconstrução do Construtivismo na educação: crenças e equívocos de professores, autores e críticos**. São Paulo: Editora UNESP, 2015.

CHEN, Xuemin; SONG, Gangbing; ZHANG, Yongpeng. Virtual and Remote Laboratory Development: A Review. In: **Earth and Space 2010: Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments**. Honolulu: Aerospace Division of the American Society of Civil Engineers, 2010.

COLL, César; MONEREO, Carles. **Psicologia da Educação Virtual**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

COQUIDÉ, Maryline. Um olhar sobre a experimentação na escola primária francesa. **Ensaio**, v. 10, n. 1, jun. 2008.

CROSIER, Joanna K.; COBB, Sue. V. G.; WILSON, John. R. Experimental Comparison of Virtual Reality with Traditional Teaching Methods for Teaching Radioactivity. **Education and Information Technologies**, v. 5, n. 4, p. 329-343, 2000.

DUARTE, Maria da Conceição; SEQUEIRA, Manuel; BARBOSA, Paula. **Practical Work to Promote Interdisciplinarity Between Physical and Natural Sciences: A Teaching Experiment with 7th Grade Portuguese Students**. Disponível em: <http://www.clab.edc.uoc.gr/2nd/pdf/39.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

ELAWADY, Yasser H.; TOLBA, A. S. Educational Objectives of Different Laboratory Types: A Comparative Study. **International Journal of Computer Science and Information Security**, v. 6, n. 2, p. 89-96, 2009.

GATT, Suzzane. **Promoting the construction of Knowledge during Practical Work**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/255597306_Promoting_the_Construction_of_Knowledge_during_practical_work. Acesso: jan. 2011.

GIBBONS, Nicola J.; EVANS, Chris; PAYNE, Annette; SHAH, Kavita; GRIFFIN, Darren K. **Cell Biology Education**, v. 3, p. 263–269, 2004.

GIL, Daniel Pérez; FURIÓ, Carles Má; VALDÉS, Pablo; SALINAS, Júlia; MARTINEZ-TORREGROSA, Joaquín; GUIASOLA, Jenaro; GONZALEZ, Eduardo; DUMAS-CARRÉ, Andrée; GOFFARD, Monique; PESSOA DE CARVALHO, Anna. M. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de practicas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1990.

HERGA, Natasa Rizman; DINEVSKI, Dejan. Virtual Laboratory in Chemistry – Experimental Study of Understanding, Reproduction and Application of Acquired Knowledge of Subject’s Chemical Content. **Organizacija**, v. 45, n. 3, p. 108-116, 2012.

HODSON, Derek. Experiments in science and science teaching. **Educational Philosophy and Theory**, v. 20, p. 53-66, 1988.

HUNG, Elías Said; SARTORI, Ademilde Silveira; COBOS, Jorge Valencia; DIAZGRANADOS, Fernando Iriarte; MOREIRA, Patricia Justo; ORDOÑEZ, Mônica Patrícia. **Fatores associados ao nível de uso das TIC como ferramentas de ensino e aprendizagem nas escolas públicas do Brasil e da Colômbia**. Barranquilla: Universidad del Norte, 2015.

JIMÉNEZ, Cherlys Infante. Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 19, n. 62, p. 917-937, 2014.

KRASILCHIK, Myriam. Reformas e Realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, 85-93, 2000.

KRIPPENDORF, Beth B.; LOUGH, John. Complete and Rapid Switch From Light Microscopy to Virtual Microscopy for Teaching Medical Histology. **The Anatomical Record (Part B: New Anat.)**, v. 285B, p. 19–25, 2005.

LEAL, A. J. SEPEL. L. M. N. A inclusão digital no ensino de ciências: analisando laboratórios virtuais de aprendizagem. **Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, Canoas, v.6, n.1, p. 1-20, 2017.

LOPES, Sara Patrícia de Medeiros Lacerda. **Laboratório de Acesso Remoto em Física**. Coimbra, UC, 2007. Dissertação, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2007.

MA, Jing; NICKERSON, Jeffrey. V. Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. **ACM Computing Surveys**, v. 38, n. 3, p. 1-24, set. 2006.

MACEDO, Michel Kramer Borges de. **Recomendações de Acessibilidade e Usabilidade para Ambientes Virtuais de Aprendizagem Voltados para o Usuário Idoso**. Florianópolis, UFSC, 2009. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

MACHOTKA, J.; NAFALSKI, A.; NEDIĆ, Z. **The history of developments of remote experiments**. 2nd World Conference on Technology and Engineering Education, Ljubljana, Slovenia, 5-8 September 2011. Disponível em: <http://www.wiete.com.au/conferences/2wctee/papers/17-12-Machotka-J.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. Coleção Docência em Formação, Série Ensino Médio. São Paulo: Cortez Editora, 2009.

MUHAMAD, Murniza; ZAMAN, Halimah Badioze; AHMAD, Azlina. Virtual Laboratory for Learning Biology – A Preliminary Investigation. **International Journal of Social, Human Science and Engineering**, v. 4, n. 11, p. 375-378, 2010.

MÜLLER, Dieter; ERBE, Heinz-H. Collaborative Remote Laboratories in Engineering Education: Challenges and Visions. In: GOMES, Luís; GARCÍA-ZUBÍA, Javier (eds.). **Advances on remote laboratories and e-learning experiences**. Bilbao: Deusto, 2007.

NÁJERA, Julián Monge; ESTRADA, Víctor Hugo Méndez. Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración. **Revista Educación**, v. 31, n. 1, p. 91-108, 2007.

NASCIMENTO, Fabrício do; FERNANDES, Hylio Laganá; MENDONÇA, Viviane Melo de. O ensino de Ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR On-line**, n.39, p. 225-249, 2010.

NEDIC, Zorica; MACHOTKA, Jan; NAFALSKI, Andrew. **Remote laboratories versus virtual and real laboratories**. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. November, 2003. Disponível em: http://search.ror.unisa.edu.au/record/UNISA_ALMA51109621090001831/media/digital/open/9915913662201831/12143367150001831/13143375240001831/pdf. Acesso em: 22 jan. 2016.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de Ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 12, n. 1, p. 139-153, jan./jun. 2010.

PRENSKY, Marc. The World Needs a New Curriculum: It's time to lose the "proxies," and go beyond "21st century skills" — and get all students in the world to the real core of education. **Educational Technology**, 2014. Disponível em: <http://marcprensky.com/wp->

content/uploads/2013/05/Prensky-5-The-World_Needs_a_New_Curriculum.pdf. Acesso em: 22 mai. 2015.

RAINERI, D. Virtual laboratories enhance traditional undergraduate biology laboratories. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 29, p. 160-162, 2001.

RODRIGUES, Ariane Wollenhoupt da Luz. **A configuração das Tecnologias de Informação e Comunicação no contexto das licenciaturas da UFSM**. Santa Maria: UFSM, 2011. Monografia, Educação à distância da UFSM (EAD), Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

ROSITO, Berenice. A. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, Roque. **Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

SANTANA, Salete de Lourdes Cardoso. **Utilização e gestão de laboratórios escolares**. Santa Maria: UFSM, 2011. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

SANTOS, Carlos Alberto dos. **A reforma do ensino de ciências**. Disponível em: http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4917/n/a_reforma_do_ensino_de_ciencias. Acesso em: 19 jun. 2017.

SCHMITT, Marcelo Augusto Rauh; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Metaversos e laboratórios virtuais: possibilidades e dificuldades. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2008.

SILVA, Siony. Acessibilidade digital em ambientes virtuais de aprendizagem. **Revista GEINTEC**, São Cristóvão, v. 2, n. 3/ p.245-254, 2012.

SOARES-LEITE, Werlayne Stuart; NASCIMENTO-RIBEIRO, Carlos Augusto do. A inclusão das TICs na educação brasileira: problemas e desafios. **Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación**, v. 5, n. 10, p. 173-187, jul.-dez 2012.

SUART, Rita de Cássia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do Ensino Médio de Química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, p. 1-22, 2008.

SUART, Rita de Cássia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; CARMO, Miriam Possar do. **Atividades experimentais investigativas: utilizando a energia envolvida nas reações químicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, VII, 2009, Florianópolis. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/220.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2016.

SUBRAMANIAN, Rajaram; MARSIC, Ivan. **ViBE: Virtual Biology Experiments**. In: Tenth International World Wide Web Conference, mai. 2001, p. 316-325. Disponível em: <http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/Publications/www10/>. Acesso em: 02 abr. 2016.

VIEIRA, Tatiana Cuberos; CASTANHO, Maria Eugênia. Sociedade atual e a Revolução da Informação: ganhos e perdas. **Contrapontos**, v. 8, n. 2, p. 171-185, 2008.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

YANG, Kun-Yuan; HEH, Jia-Sheng. The Impact of Internet Virtual Physics Laboratory Instruction on the Achievement in Physics, Science Process Skills and Computer Attitudes of 10th-Grade Students. **Journal of Science Education and Technology**, v. 16, p. 451-461, 2007.

WOODFIELD, B. F. et al. The Virtual ChemLab Project: A Realistic and Sophisticated Simulation of Organic Synthesis and Organic Qualitative Analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 11, p. 1728-1735, 2005.

2.3 ARTIGO 1 – A INCLUSÃO DIGITAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ANALISANDO LABORATÓRIOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM¹¹

Aline Jaime Leal¹²

Lenira Maria Nunes Sepel¹³

Resumo

Os Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA) são páginas web, softwares ou CD-ROM que contenham um conjunto de objetos de aprendizagem, os quais possibilitem a realização de atividades experimentais, preferencialmente, através da simulação de equipamentos, materiais e variáveis. Este trabalho foi realizado com o objetivo de descrever características relevantes para que um LVA auxilie o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Para isso, foram selecionados 30 artigos científicos, publicados entre 2001 e 2015, que aplicaram LVA no Ensino de Ciências, compreendendo as três subáreas: Biologia, Física e Química. Esses artigos abrangeram três idiomas (Espanhol, Inglês e Português) e foram selecionados por apresentarem pesquisa de opinião dos usuários e/ou avaliação da aprendizagem dos alunos após o uso do LVA. Analisou-se os LVA quanto ao conteúdo abordado, nível de ensino a que foi destinado, recursos didáticos disponíveis, formato, metodologia empregada na sua aplicação e tipo de avaliação a que foi submetido (opinião do usuário e/ou aprendizagem dos alunos). Desta forma, a partir da opinião dos usuários (alunos e professores), bem como das concepções dos autores dos trabalhos analisados, identificou-se que determinadas características são consideradas relevantes para um LVA facilitar o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Dentre elas, destacam-se: apresentar o conteúdo teórico de forma clara e sucinta; ser fácil de usar para promover a inclusão digital de seus usuários; ser atrativo e interativo para despertar o interesse e motivação dos alunos, bem como a comunicação entre seus usuários; apresentar vários métodos avaliativos para acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos.

¹¹ Artigo publicado na Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 5, n.1, 2017.

¹² Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Professora de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, câmpus Bagé.

¹³ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde pela Universidade Federal de Santa Maria. Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Maria.

Palavras-chave: Tecnologias da Informação e Comunicação. Atividades práticas experimentais. Laboratório Virtual de Aprendizagem.

1 Introdução

O termo inclusão digital abrange além da posse de um computador ou outro dispositivo eletrônico conectado à Internet, a possibilidade de inclusão social e exercício da cidadania (CRUZ e SILVA, 2013). Isso porque a inclusão digital tem impactos diretos sobre a empregabilidade, renda, performance escolar (NERI, 2012, p. 42), cultura e lazer dos indivíduos capacitados a utilizar as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

No Brasil, apenas 33% dos habitantes tem acesso à Internet em seus domicílios, havendo menor inclusão digital entre os jovens e os idosos (NERI, 2012), o que demonstra a necessidade de medidas que viabilizem o maior uso das TIC pela população. Neste contexto, a escola constitui um espaço estratégico para a promoção da inclusão digital (BONILLA, 2010, p. 5), possibilitando desde cedo o acesso a novas tecnologias e seu uso mais abrangente, no qual o aluno aprenda a utilizar, produzir e compartilhar informações (CRUZ e SILVA, 2013; SILVA, 2011).

Nas escolas, as TIC podem também promover a realização de atividades didáticas que, por algum motivo, não conseguem ser executadas física ou presencialmente. Como exemplo, podemos citar as atividades práticas experimentais no Ensino de Ciências, as quais possuem papel primordial no desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao método científico, como: observação, identificação, proposição de hipóteses e argumentação, dentre outras (OLIVEIRA, 2010). Essas atividades, muitas vezes, não são realizadas nos Laboratórios Presenciais (LP) das escolas, principalmente, pelo elevado custo para aquisição e manutenção de equipamentos, pela falta de segurança e por restrições de tempo e espaço (ANDRADE e MASSABINI, 2011).

Essas restrições que inviabilizam a realização das atividades práticas experimentais nos LP das escolas, podem ser contornadas pelo uso de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA), que são representações computacionais de laboratórios reais (AMARAL et al., 2011, p. 3) ou de experimentos. Os LVA podem ser utilizados à distância, por diversos alunos e ao mesmo tempo; são seguros, uma vez que o aluno não manipula equipamentos e reagentes reais; e possuem baixo custo quando comparado ao necessário para manter um LP.

A velocidade na execução das atividades é outro ponto favorável dos LVA, que proporcionam a visualização instantânea de resultados, diferentemente dos LP, nos quais podem se estender por longos períodos. Essa rapidez contribui para que os alunos tenham mais presente os detalhes experimentais, havendo menor risco de esquecer o que já foi feito de uma

aula para outra e, com isso, maior chance de manter o interesse pelos resultados (BREAKEY et al., 2008, MUHAMAD et al., 2012).

No ensino de Ciências, os LVA têm sido úteis para a apresentação de conteúdos a nível microscópico e molecular, que, em geral, são de difícil compreensão pelos alunos, por exigirem um elevado nível de abstração (HERGA e DINEVSKI, 2012). Outra contribuição importante dos LVA para essa área do conhecimento é a possibilidade de realizar experimentos com uso de animais, levando em consideração todas as questões éticas envolvidas (JIMÉNEZ, 2014).

Os LVA destacam-se também por apresentarem grande diversidade e flexibilidade metodológica, o que possibilita inúmeras adaptações a diferentes estilos e níveis de aprendizagem (SUBRAMANIAN e MARSIC, 2001, p. 324). Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo analisar relatos de aplicações de LVA ao ensino de Ciências (subáreas: Biologia, Física e Química), a fim de detectar características relevantes para um laboratório virtual que auxilie o processo de ensino e aprendizagem em diferentes níveis de ensino.

Para isso, foram considerados LVA páginas web, softwares ou CD-ROM que contenham um conjunto de objetos de aprendizagem, os quais possibilitem a realização de atividades experimentais, preferencialmente, através da simulação de equipamentos, materiais e variáveis.

Sob a designação de objetos de aprendizagem são incluídos vários tipos de materiais educacionais, desenvolvidos em pequenas unidades para serem utilizados várias vezes em diferentes contextos de aprendizagem (WILEY, 2000; MORALES e AGUËRA, 2002, p. 1; POLO, 2011). Quando apoiados em tecnologia computacional ou de telecomunicações, os objetos de aprendizagem podem ser associados em um mesmo ambiente e constituir um LVA, contendo: textos, imagens, áudios, vídeos, animações, exercícios, questionários, simulações de laboratório etc.; e apresentando diferentes formatos, como: HTML, GIF e XML.

Portanto, foram analisados, no presente trabalho, artigos que utilizaram diversos tipos de objetos de aprendizagem provenientes de uma mesma fonte, seja ela uma página web, um software ou CD-ROM, uma vez que os artigos que apresentavam apenas um tipo de objeto de aprendizagem ou reuniram mais de um tipo, porém de diferentes fontes, não foram qualificados como LVA, sendo desconsiderados.

2 Metodologia

Este trabalho consistiu em uma pesquisa do tipo bibliográfica, tendo como fontes artigos científicos, no período de 2001 a 2015. Os dados foram coletados e analisados da seguinte forma: em um primeiro momento, utilizando palavras-chave, foi realizada a busca pelos artigos

através da ferramenta *Google Acadêmico*¹⁴. Nessa etapa, foram definidos os critérios de seleção da amostra descritos a seguir.

As palavras-chave utilizadas na pesquisa ao *Google Acadêmico*, laboratório virtual de biologia, laboratório virtual de física e laboratório virtual de química, foram procuradas em três idiomas: português, inglês e espanhol.

Na triagem inicial, para cada palavra-chave foram analisados os 100 primeiros resultados, totalizando uma amostra de 900 trabalhos, sendo 300 em cada idioma. O critério de seleção dos trabalhos utilizado, nesta fase inicial, foi a aplicação do LVA ao ensino de Ciências e posterior avaliação de opinião dos usuários e/ou da aprendizagem dos mesmos. Para isso, foram analisados os resumos e a metodologia descrita nos trabalhos selecionados.

Foram descartados os trabalhos que: i) somente descreviam a arquitetura de software ou o conteúdo do LVA; ii) eram textos de revisão de literatura; iii) comparavam dados experimentais obtidos através da utilização de LVA e de LP; iv) eram relatos ou comparações sobre diferentes tipos de LVA. Além disso, foi incluído na análise apenas um trabalho por autor ou grupo de pesquisa, com o objetivo de formar uma amostra mais diversificada e representativa da variedade de propostas que poderia existir.

Em um segundo momento, verificou-se se os trabalhos enquadravam-se no conceito de LVA utilizado neste estudo, isto é, um conjunto de objetos de aprendizagem disponíveis em página web, software ou CD-ROM que propiciasse a realização de atividades experimentais.

Após constituída a amostra de trabalhos, os LVA foram caracterizados quanto à data, ao local de publicação, ao nível de ensino em que foram aplicados e agrupados em categorias quanto à metodologia empregada na aplicação do LVA ao ensino de Ciências e qualificados quanto ao tipo de avaliação a que foram submetidos (opinião do usuário e/ou aprendizagem dos alunos).

Por fim, realizou-se a análise das seções que compunham os LVAs quanto: ao conteúdo, aos recursos didáticos e ao formato. Em relação ao conteúdo, os artigos foram agrupados tendo em vista o assunto específico da disciplina que se referem, por exemplo: histologia, eletricidade, química orgânica. Quanto aos recursos didáticos, foram avaliadas as seções que compunham o LVA quanto à presença de: recursos audiovisuais, textos explicativos e links sobre o conteúdo teórico, equipamentos e reagente laboratoriais, glossário, fórum, quiz, cronômetro, calculadora, editor de texto, programa para construção de gráficos, técnicas laboratoriais empregadas, guia

¹⁴ O *Google Acadêmico* é uma ferramenta de acesso gratuita, que fornece uma grande quantidade e diversidade de resultados, disponível em: <https://scholar.google.com.br/>.

de uso e avatar dos usuários. No tocante ao formato, os LVA foram classificados em três tipos: página web, software ou CD-ROM.

3 Resultados e discussões

Os resultados obtidos por meio da pesquisa bibliográfica realizada no *Google Acadêmico* são apresentados no quadro 1. Verificou-se, inicialmente, que houve um número superior de resultados para a Física em relação à Biologia e à Química, porém, após análise preliminar, semelhante número de trabalhos foram selecionados para as três subáreas. Esse fato ocorreu porque, nas buscas realizadas para LVA de Física, a maioria dos trabalhos apenas descrevia objetos de aprendizagem ou não relatavam qualquer tipo de aplicação das atividades em situação de ensino, sendo, portanto, desconsiderados. Seguindo os critérios de triagem previamente descritos, a seleção resultou em uma amostra de 79 trabalhos (**Quadro 1**).

Quadro 1- Resultado da pesquisa bibliográfica realizada no *Google Acadêmico* com uso da palavra-chave laboratório virtual associada às subáreas Biologia, Física e Química.

Idioma selecionado	Palavra-chave*	Trabalhos selecionados			Resultado geral
		Biologia	Física	Química	
Português	laboratório virtual de biologia	3	5	1	21.200
	laboratório virtual de química	0	1	3	29.700
	laboratório virtual de física	0	6	0	46.700
Espanhol	laboratorio virtual de biología	5	0	3	20.000
	laboratorio virtual de química	0	1	1	23.100
	laboratorio virtual de física	1	7	0	35.700
Inglês	virtual laboratory biology	19	4	4	613.000
	virtual laboratory chemistry	0	0	11	660.000
	virtual laboratory physics	0	3	1	1.180.000
	Total	28	27	24	2.629.400

*A ordem das palavras-chave segue a sequência em que as mesmas foram utilizadas na busca pelos trabalhos no Google Acadêmico.

Posteriormente, a amostra foi analisada em relação ao conceito de LVA utilizado neste estudo, de tal forma que apenas 10 trabalhos de Física se enquadraram no conceito adotado. Considerando esse resultado, optou-se por compor uma amostra total de 30 trabalhos, analisando-se 10 para cada uma das subáreas.

A amostra compreendeu trabalhos realizados entre 2001 e 2015, sendo a maioria desenvolvida nos Estados Unidos (23,33%) e no Brasil (16,66%), seguidos de países como: Austrália, Espanha e Portugal, representando 6,6% do total cada. Outros países corresponderam a apenas 3,3% dos LVA analisados, caso da Argentina; Chile; Colômbia; Cuba; Equador; Eslovênia; Irlanda; México; Porto Rico; Reino Unido; República de Chipre e Taiwan. Percebe-

se que a amostra foi representativa, pois não houve grande discrepância entre os três idiomas (Português, Espanhol e Inglês) quanto ao número de trabalhos analisados neste estudo.

A maioria dos LVA analisados foi desenvolvida para o Ensino Superior, seguido do Ensino Médio e do Fundamental, alguns foram destinados para mais de um nível de ensino simultaneamente (Figura 1).

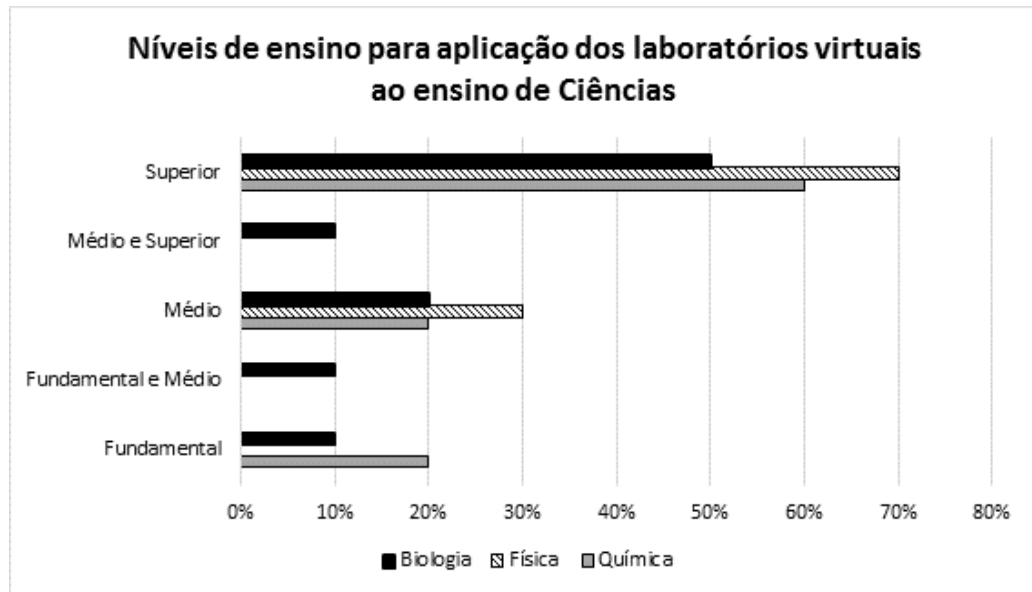


Figura 1- Níveis de ensino para aplicação dos laboratórios virtuais de aprendizagem ao ensino de Ciências, nas subáreas: Biologia, Física e Química

Verificou-se que, na Biologia e na Química, os LVA abrangeram todos os níveis de ensino. Já na Física, houve predominância maior do Ensino Superior, uma vez que grande parte dos LVA foram destinados a cursos de Engenharia. De maneira geral, percebeu-se maior dificuldade de desenvolvimento e aplicação de LVA na Educação Básica, fato que pode estar relacionado à falta de infraestrutura adequada e de pessoal especializado na área de Informática nas escolas, ficando esse tipo de tecnologia mais restrita às instituições de Ensino Superior.

Com relação à aplicação dos LVA ao Ensino de Ciências, os 30 trabalhos analisados foram agrupados em sete categorias (**Quadro 2**) de acordo com a metodologia identificada, sendo verificado o uso dos LVA de três maneiras: isoladamente, de forma comparativa ou combinado com outras metodologias de ensino.

Quadro 2- Metodologias de aplicação dos Laboratórios Virtuais de Aprendizagem ao Ensino de Ciências, nas subáreas Biologia, Física e Química

Número	Metodologia	Biologia	Física	Química	Total (%)
1	Compara LVA com LP	5	3	2	33,33
2	Avalia somente LVA	3	4	3	33,33
3	Combina LVA com LP	2	1	2	16,67
4	Compara LVA com método tradicional de ensino		1	1	6,67
5	Compara LVA com LP e combina ambos		1		3,33
6	Compara a combinação LVA e LP com somente LP			1	3,33
7	Compara LVA com Moodle			1	3,33
Total		10	10	10	100

LVA: laboratório virtual de aprendizagem; LP: laboratório presencial; método tradicional de ensino: metodologia definida pelo autor do trabalho.

Metodologia 1: Compreende os trabalhos em que foram utilizados ambos os laboratórios, o virtual e o presencial, com o objetivo de comparar as metodologias. Alguns estudos empregaram grupo controle (GC), composto pelos alunos que realizaram as atividades experimentais no LP; e grupo experimental (GE), referente aos que utilizaram o LVA. Nesses trabalhos, realizou-se uma avaliação quantitativa da aprendizagem dos alunos para comparação do desempenho de ambos os grupos e alguns, ainda, verificaram a pesquisa de opinião dos usuários (AROUCA, 2007; YANG e HEH, 2007; ORTEGA-ZARZOSA et al., 2010; MIRANDA, 2012; BOTERO, 2015; FIAD e GALLARZA, 2015).

Em outros trabalhos, a comparação ocorreu entre o grupo atual de alunos que utilizaram o LVA e grupos anteriores que só utilizaram o LP (KRIPPENDORF e LOUGH, 2005). Há trabalhos em que o mesmo grupo de alunos utilizou os dois tipos de laboratórios (BHARGAVA et al., 2006; FARIA et al., 2011), podendo ser avaliada a sequência de uso dos mesmos (KOPEC, 2002).

A maioria dos LVA pertencentes à metodologia 1 foi bem avaliada pelos alunos, que os consideraram claros, objetivos, simples e facilitadores de aprendizagem. Apenas no estudo realizado por Bhargava et al. (2006) houve uma opinião negativa dos alunos com relação à utilização do LVA, sendo a principal restrição apontada o maior tempo requerido para o desempenho das atividades virtuais, além de serem menos divertidos e interessantes que o LP. Entretanto, esses problemas poderiam ser contornados por meio da realização de atividades mais atrativas e da adequação do tempo para execução das tarefas propostas. Com relação à aprendizagem dos alunos, o efeito do uso do LVA foi positivo em todos os trabalhos, não havendo diferença significativa entre o GC e o GE ou essa sendo maior no GE.

Metodologia 2: Abrange os trabalhos em que ocorreu a aplicação do LVA e posterior avaliação da opinião dos usuários (professores e alunos) e/ou o desempenho dos alunos (BRACK et al., 2003; GONZÁLEZ et al., 2003; GARCÍA, 2009; YU et al., 2005; RIVERA et al., 2009; SÁNCHEZ, 2009; YARON et al., 2010; DONNELLY et al., 2012; REIS, 2013; FAÚNDEZ, et al. 2014). O efeito do uso do LVA sobre a aprendizagem dos alunos foi positivo e seus usuários mostraram-se satisfeitos. Sendo destacados como pontos positivos pelos alunos: o uso adequado de efeitos visuais, a disponibilidade de todo o material relevante; a qualidade das informações (BRACK et al., 2003; GARCÍA, 2009); o aumento do interesse e da motivação dos mesmos ao utilizar o recurso pedagógico (RIVERA et al., 2009).

Na visão dos professores, os LVA são boas ferramentas pedagógicas (BRACK et al., 2003; GARCÍA, 2009; DONNELLY et al., 2013), principalmente por oportunizar o trabalho colaborativo e também contribuir para uma economia de tempo com relação à limpeza e organização do laboratório, o que possibilita maior concentração e atenção dos alunos a questões mais relevantes para a sua aprendizagem (DONNELLY et al., 2013). Entretanto, alguns pontos fracos foram apontados pelos professores, sendo os principais: o grande volume de informação disponível no LVA; a dificuldade de garantir que todos os alunos façam as tarefas, uma vez que possam se distrair com outras atividades virtuais ao utilizar o computador (DONNELLY et al., 2013) e a excessiva rigidez na sequência das atividades propostas (GARCÍA, 2009).

Metodologia 3: Agrupa os trabalhos em que houve combinações do uso dos dois tipos de laboratório, presencial e virtual. Nesses trabalhos, a realização das atividades virtuais apareceu em três momentos: como preparação para o LP (DALGARNO et al., 2009), concomitante ao uso do LP (WOODFIELD et al., 2005) ou posterior ao desenvolvimento das atividades de manipulação real (RAINERI, 2001; CUNNINGHAM et al., 2006). Ainda, no estudo realizado por Guillermo et al. (2005), o LVA foi utilizado por um grupo de alunos antes e por outro, posteriormente ao LP.

De maneira geral, a combinação desses dois tipos de laboratórios foi bem vista pelos alunos, os quais relataram que o LVA estimulou o raciocínio e auxiliou na compreensão de processos dinâmicos e microscópicos através de animações, sendo recomendada a inclusão desse recurso didático no currículo de seus cursos (RANIERI, 2001; GUILLERMO et al., 2005; CUNNINGHAM et al.; 2006). Houve também melhora na aprendizagem dos alunos após o uso combinado dos dois tipos de laboratórios (RANIERI, 2001; WOODFIELD et al., 2005; CUNNINGHAM et al., 2006).

Metodologia 4: Engloba estudos comparativos em que métodos tradicionais de ensino e LVA foram empregados. Os pesquisadores consideraram como métodos tradicionais de ensino: aulas expositivas com uso de quadro e giz (GONÇALVES, 2005), bem como lista de exercícios utilizando caneta e papel (HERGA e DINEVSKI, 2012). Os alunos foram divididos em dois grupos, sendo que, no grupo controle (GC), foram empregados os métodos tradicionais de ensino e no grupo experimental (GE), o LVA.

O desempenho dos alunos foi semelhante para ambos os grupos no estudo realizado por Gonçalves (2005), diferentemente, do resultado encontrado por Herga e Dinevski (2012), no qual houve aprendizagem estatisticamente maior no GE. Os alunos que utilizaram as simulações compreenderam melhor fenômenos de modo geral e estruturas a nível submicroscópico.

Metodologia 5: Estudo que fez uso tanto da combinação LVA e LP como da utilização de ambos os laboratórios separadamente (OLYMPIOU e ZACHARIA, 2012). Os alunos foram divididos em três grupos: o primeiro, realizou suas atividades experimentais no LP; o segundo fez uso do LVA e o terceiro utilizou ambos os laboratórios concomitantemente. Nos três grupos, os alunos apresentaram bom desempenho, porém a combinação da manipulação real com a virtual obteve resultado estatisticamente maior.

Metodologia 6: Pesquisa que comparou a utilização combinada do LVA e do LP com o uso apenas do LP (LOPES, 2004). Para isso, os alunos foram divididos em quatro grupos para a realização das atividades experimentais denominadas de: A, B, C e D. De tal forma, que enquanto dois grupos realizam a atividade A no LP, por exemplo, outros dois, realizam a mesma tarefa com o uso de LVA e LP.

Não foi possível perceber grandes diferenças entre os dois métodos quanto à performance prática dos alunos, que realizaram a maioria das atividades experimentais. No entanto, em relação à aprendizagem conceitual, os grupos que utilizaram a combinação de ambos os laboratórios (LVA + LP) obtiveram desempenho significativamente maior. A principal dificuldade apontada pelos alunos foi a utilização de software (LVA) em língua Inglesa, sendo que os mesmos possuem como língua nativa o Português.

Metodologia 7: Estudo comparativo entre o uso do LVA e o do ambiente virtual de aprendizagem Moodle (NUNES, F. et al., 2014). No Moodle, os alunos tiveram acesso ao

material teórico sobre o assunto estudado e questionário de múltipla escolha. No LVA, os alunos puderam realizar experimentação virtual através de um software. O grupo de alunos que utilizou o Moodle apontou como principais desvantagens: a forma de apresentação teórica e estática do conteúdo. O grupo que utilizou a simulação mencionou como principais vantagens: a interatividade, facilidade de comunicação com os colegas e visualização prática dos experimentos.

Do total de trabalhos investigados, 76,66% utilizaram a pesquisa de satisfação do usuário, a qual é considerada um componente importante e uma das investigações mais presentes nas propostas de ensino e aprendizagem *online*. Esse tipo de avaliação é tradicionalmente recomendado, considerando-se que as expectativas dos alunos têm grande impacto no processo de aprendizagem e que as opiniões dos usuários são fonte de informação para as equipes de desenvolvimento melhorarem suas propostas (LAGUARDIA et al., 2010).

Quanto à aprendizagem, a avaliação foi predominantemente quantitativa, com uso de médias, porcentagens e análises estatísticas para comparar o desempenho individual de cada aluno, por meio da utilização do pré e pós-teste, ou de grupo controle e experimental. É importante ressaltar que o LVA possibilita diversas formas de avaliação, que não podem se restringir a momentos ou tarefas específicas, mas ao processo de aprendizagem como um todo (AMANTE, 2011). Um bom exemplo é o trabalho realizado por Sánchez et al. (2009), no qual o LVA foi utilizado como uma ferramenta para autoaprendizagem e autoavaliação, objetivando validar as respostas prévias dos alunos. Nesse contexto, o aluno passa a ser construtor do seu próprio conhecimento, sendo protagonista da sua própria avaliação ao refletir sobre o seu percurso de aprendizagem (AMANTE, 2011).

A eficiência do LVA em comparação com o LP em termos de ensino e aprendizagem é demonstrada por alguns estudos (HARRIS et al., 2001; HERGA e DINEVSKI, 2012). Porém, autores afirmam que os LVA não devem substituir os LP, mas servir de complemento e/ou preparação à manipulação real (RAINERI, 2001; SUBRAMANIAN e MARSIC, 2001; HERGA e DINEVSKI, 2012; HAWKINS e PHELPS, 2013). Isso porque há a preocupação de que os alunos não desenvolvam habilidades de manipulação utilizando apenas o LVA (CARNEVALE, 2003; MA e NICKERSON, 2006; ELAWADY e TOLBA, 2009; RÉ et al., 2012; WALDROP, 2013). Assim, metodologias que combinem o LVA com outras formas de ensino são interessantes, principalmente, quando há a possibilidade de realizar os dois tipos de manipulação: real e virtual.

Os LVA também foram analisados quanto ao conteúdo abordado, recursos didáticos disponíveis e formato que apresentaram. Na Biologia, três grupos principais foram identificados

com relação ao conteúdo abordado. O primeiro se deteve ao desenvolvimento de microscópios virtuais de histologia, compostos por lâminas digitalizadas; textos explicativos ou links de páginas web, contendo informações relevantes sobre os tecidos apresentados (KRIPPENDORF e LOUGH, 2005; FARIA et al.; 2011). Já o segundo, preocupou-se com a manipulação de equipamentos e aprendizagem de técnicas laboratoriais, principalmente, na área de Biologia Molecular (RAINERI, 2001; BRACK et al., 2003; CUNNINGHAN et al., 2006) e Imunologia (YU et al., 2005). O terceiro grupo se deteve à dissecação virtual de animais como rãs e coelhos (KOPEC, 2002; AROUCA; 2007). Ainda tiveram LVA sobre insetos (GARCÍA, 2009) e Biologia Celular (MIRANDA, 2012). Os LVA dessa subárea apresentaram formato web ou de softwares que continham como recursos didáticos: simulações, imagens, vídeos, animações, glossário, áudio, textos, links, fórum e quiz.

Na Física, uma maior variedade de assuntos foi abordada pelos LVA, tais como: termodinâmica, hidráulica, eletricidade, mecânica, cinemática, óptica entre outros (GONÇALVES, 2005; YANG e HEH, 2007; RIVERA et al., 2009; OLYMPIOU e ZACHARIA, 2012). Nessa subárea, os principais recursos didáticos utilizados nos LVA foram simuladores com manipulação de variáveis para verificação de fenômenos e vídeos de experimentos reais. Como novidade, surgiram o cronômetro, a calculadora e o editor de texto para auxílio na resolução de problemas matemáticos e construção de gráficos (GUILLERMO et al., 2005; YANG e HEH, 2007; ORTEGA-ZARZOSA et al., 2010). Além do formato web e softwares, os LVA também foram disponibilizados em CD-ROM (GONÇALVES, 2005).

Na Química, os LVA tiveram como principal objetivo representar LP desta subárea, sendo disponibilizadas informações detalhadas sobre os reagentes, equipamentos e procedimentos a serem adotados durante as atividades experimentais (GONZÁLEZ et al., 2003; LOPES, 2004; DALGARNO et al., 2009; DONNELLY et al., 2012; HERGA e DINEVSKI, 2012; BOTERO, 2015). Algumas técnicas incluídas nesses LVA foram: ressonância magnética nuclear, espectroscopia de infravermelho, cromatografia de camada fina, destilação e recristalização (WOODFIELD et al., 2005). Nos LVA, também foram enfatizadas tarefas simples e de rotina nos LP, como a escolha de reagentes e preparo de soluções (YARON et al., 2010). Nunes, F. et al. (2014) utilizaram recurso interessante, avatares tanto para os usuários do LVA como para o guia prático, que disponibiliza instruções sobre o funcionamento do software. Além disso, realizaram a comunicação entre os avatares dos usuários através de um chat. Os LVA analisados compreenderam softwares livres (HERGA e DINEVSKI, 2012) e comerciais (FIAD e GALARZA, 2015).

4 Características importantes de um LVA para auxiliar o ensino e a aprendizagem de Ciências

Considerando o conjunto de análises realizado neste artigo, verificou-se que um LVA necessita ter algumas características para que auxilie de forma efetiva o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. O primeiro ponto a ser destacado, seria *a importância do LVA apresentar o conteúdo teórico*, necessário para a realização de todas as atividades didáticas propostas, de forma clara e sucinta. Desta forma, é mais difícil o aluno perceber de forma dissociada a teoria e a prática, o que evita a fragmentação do saber (TEIXEIRA e OLIVEIRA, 2005, p. 15), também não precisará procurar bibliografia complementar para realizar as atividades didáticas propostas, o que demanda tempo, nem sempre disponível e pode gerar, até mesmo, desinteresse. Um recurso interessante para facilitar a compreensão do conteúdo teórico é o glossário, pois permite uma pesquisa rápida de palavras e conceitos, ajudando o aluno a transpor obstáculos epistemológicos que dificultam seu aprendizado.

O LVA deve ser fácil de usar, uma vez que alunos, bem como professores, apresentarão diferentes níveis de conhecimento de Informática. Portanto, o uso da tecnologia não pode ser um entrave para o desenvolvimento das aulas, mas uma forma de promover a inclusão digital de alunos e professores, que mesmo com conhecimentos básicos de Informática consigam utilizar de forma plena o LVA. Nesse sentido, é recomendada a utilização de guias práticos, para que os usuários se sintam mais seguros e autônomos ao usar o LVA, sendo capazes de controlar o seu próprio processo de inclusão digital (DEMO, 2005, p. 38).

Para despertar o interesse dos alunos, *o LVA deve ser atrativo*, ou seja, conter recursos audiovisuais (simulações, vídeos, animações, dentre outros) de boa qualidade e que apresentem o conteúdo de forma objetiva e dinâmica, preferencialmente, explorando peculiaridades que não podem ser demonstradas com métodos tradicionais de ensino e/ou no LP, como, por exemplo, processos e estruturas submicroscópicas.

Ser interativo é outro fator importante para um LVA, para isso, precisa abranger dois conceitos: interação e interatividade. A interação é um evento recíproco que exige pelo menos dois objetos e duas ações (ANDERSON, 2003). No caso dos LVA, os objetos são: o aluno, o professor e o conteúdo. Sendo a interação aluno-professor fundamental para a construção do conhecimento (ARANTES et al., 2011) ao suscitar a motivação do aluno e lhe trazer um “feedback” sobre seu processo de aprendizagem (FRIESEN e KUSKIS, 2013). Já a interação aluno/aluno é importante para o desenvolvimento de tarefas colaborativas ou cooperativas (ANDERSON, 2003). Assim, para que essas interações ocorram, os LVA precisam conter ferramentas como fóruns de discussão e chats, que possibilitem a comunicação entre os seus

usuários; além de atividades que possam ser realizadas de forma colaborativa ou cooperativa pelos alunos, como estudos de caso e resolução de problemas. A interação aluno-conteúdo dependerá da seleção e da apresentação dos conteúdos realizadas pelo professor, assim como da motivação e do interesse do aluno para utilizar o LVA.

Quanto à interatividade, essa compreende a relação entre o usuário (aluno) e a máquina, que depende da potencialidade técnica do meio virtual e também do impacto das atividades realizadas pelos alunos sobre a máquina e desta sobre os mesmos (BELLONI, 1999). Para Amaral et al. (2011), os LVA podem apresentar três níveis de interatividade: reativa, proativa ou mútua. Na interatividade reativa, o aluno apenas responde a um estímulo do sistema. Contudo, na proativa, o aluno seleciona e responde às estruturas existentes, construindo situações únicas e assim, forçando os limites do sistema. Diferente da mútua, na qual são utilizados recursos de Inteligência Artificial (IA) ou Realidade Virtual (RV), onde o aluno emerge totalmente no ambiente virtual, sendo esses sistemas mutuamente adaptativos. Um LVA ideal deveria apresentar interatividade mútua, porém isso nem sempre é possível em virtude das limitações técnicas dos softwares utilizados. Desse modo, durante o desenvolvimento do LVA, deve-se buscar o maior nível de interatividade compatível com a tecnologia utilizada.

A metodologia de aplicação do LVA dependerá dos objetivos que se pretende alcançar na aprendizagem dos alunos. Na realização de atividades práticas experimentais, o uso do LVA em combinação com o LP é o mais indicado, pois uma gama maior de habilidades poderá ser desenvolvida pelos alunos. Sendo possível utilizar o LVA anteriormente ao LP, ficando os alunos mais habituados com a prática após o uso das simulações e assim podendo melhorar o seu desempenho nos experimentos reais (RÉ et al., 2012). Concomitantemente ao LP ou posteriormente, podendo haver maior autonomia do aluno para utilizar o ambiente virtual, uma vez que já conhece os equipamentos e as técnicas reais (JIMÉNEZ, 2014, p. 932).

O LVA também é uma boa ferramenta didática para a compreensão de conceitos e desenvolvimento de habilidades profissionais (MA e NICKERSON, 2006, p. 8), podendo ser utilizado em combinação com outros métodos de ensino, como os tradicionais, uma vez que possibilita: a visualização de estruturas e processos de forma ímpar e dinâmica; o uso de animais sem lhes causar danos e a utilização de materiais perigosos sem pôr em risco a segurança dos alunos.

Ainda o LVA, permite ao professor acompanhar todo o processo de aprendizagem dos alunos com o *uso de métodos avaliativos diversificados*, o quais permitem englobar um grande número de competências e habilidades, levando em consideração a individualidade de cada

sujeito. Nesse sentido, torna-se interessante a utilização de portfólios virtuais, permitindo aos alunos o registro de suas produções individuais e coletivas ao longo do curso, mostrando passo-a-passo a construção progressiva dos conhecimentos (COSTA e FRANCO, 2005, p. 4; NUNES, L., 2007, p. 154). Além de constituir-se em um instrumento avaliativo, o portfólio virtual também proporciona a aprendizagem e a interação ao ser compartilhado entre os alunos (AMANTE, 2011).

5 Considerações finais

Os LVA têm sido empregados com sucesso nas últimas décadas no Ensino de Ciências em diversos países, melhorando e facilitando a aprendizagem dos alunos, sendo bem avaliados por seus usuários (alunos e professores). Contudo, a maioria é destinada a alunos do Ensino Superior, havendo carência de propostas para a Educação Básica.

Várias metodologias são possíveis com o uso de LVA, pois podem apresentar diferentes formatos e recursos didáticos, o que possibilita a combinação do mesmo com o LP e com métodos tradicionais, tanto na modalidade de ensino presencial como à distância.

As características desejáveis para um LVA auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Ciências são: apresentar o conteúdo teórico de forma clara e sucinta; ser fácil de usar para que promova a inclusão digital de seus usuários; ser atrativo e interativo para despertar o interesse e a motivação dos alunos, assim como possibilitar a comunicação entre seus usuários e facilitar o seu uso e apresentar diversas metodologias para avaliação do processo de aprendizagem dos alunos.

Nesse sentido, com base nas potencialidades e limitações de desenvolvimento, bem como de utilização dos LVA no processo de ensino e aprendizagem de Ciências, levantadas nesta pesquisa bibliográfica, uma proposta de Laboratório Virtual de Biologia Celular será desenvolvida durante o doutoramento da primeira autora, sendo destinado a alunos do Ensino Médio.

DIGITAL INCLUSION IN SCIENCE TEACHING: ANALYZING VIRTUAL LEARNING LABORATORIES

Abstract

Virtual Learning Laboratories (VLL) are web pages, software or CD-ROM that contain a set of learning objects, which make possible to carry out experimental activities, preferably through the simulation of equipment, materials and variables. This work was done with the objective of describing relevant characteristics so that a VLL helps the process of teaching and learning Sciences. For that, were selected 30 scientific articles, published between 2001 and 2015, which applied VLL in the Teaching of Sciences, comprising the three subareas: Biology, Physics and Chemistry. These articles covered three languages (Spanish, English and Portuguese) and were selected because they presented user opinion surveys and/or evaluation of students' learning after the use of VLL. The VLL were analyzed in terms of content, level of education, available educational resources, format, methodology used in its application and the type of evaluation to which it was submitted (users' opinion and/or student learning). Therefore, from the users' opinion (students and teachers), as well as the conceptions of the authors of the works analyzed, it was identified that certain characteristics are considered relevant for a VLL to facilitate the process of teaching and learning Sciences. Among them, it is possible to highlight: present the theoretical content in a clear and succinct way; be easy to use to promote the digital inclusion of its users; be attractive and interactive to arouse students' interest and motivation, as well as communication among their users; present several evaluation methods to follow the students' learning process.

Key words: Information and Communication Technologies. Practical experimental activities. Virtual Learning Lab.

Referências

AMANTE, L. A avaliação das aprendizagens em contexto online: o e-portefólio como instrumento alternativo. In: DIAS, P; OSÓRIO, A.(Org.). **Aprendizagem (In)Formal na Web Social**. Braga: Centro de competência da Universidade do Minho, p. 221-236, 2011.

AMARAL, E. M. H.; ÁVILA, B.; ZEDNIK, H. e TAROUÇO, E. Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2011.

ANDERSON, T. Getting the Mix Right Again: An updated and theoretical rationale for interaction. **IRRODL**, v. 4, n. 2, 2003. Disponível em: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/149/230>. Acesso em: 15 mar. 2016.

ANDRADE, M. L. F. e MASSABINI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

ARANTES, V. A.; MORAN, J. M. e VALENTE, J. A. **Educação a distância: pontos e contrapontos**. São Paulo: Summus, 2011, 136p.

AROUCA, S. P. S. **Dissecação virtual on-line vs. Dissecação Real**. Porto: Universidade do Porto, 2007, 160 p. Dissertação de Mestrado.

BELLONI, M. L. **Educação a Distância**. 2.ed. São Paulo: Editora Autores Associados, 1999.

BHARGAVA, P.; ANTONAKAKIS, J.; CUNNINGHAM, C. e ZEHNDER, A. T. Web-Based Virtual Torsion Laboratory. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 14, n. 1, p. 1–8, 2006.

BOTERO, C. A. M. **Los laboratorios virtuales como una estrategia para la enseñanza - aprendizaje del concepto de cambio químico en los estudiantes de grado octavo de la Institución Educativa Marco Fidel Suárez de la Dorada Caldas**. Colômbia: Universidad Nacional de Colombia, 2015, 112p. Dissertação de mestrado.

BRACK, C.; ELLIOTT, K. A.; FISHER, J. e STAPLETON, D. The virtual laboratory: An online program to integrate authentic activities into the biology curriculum. In: CRISP, G.; THIELE, D.; SCHOLTEN, I.; BARKER, S.; BARON, J. **INTERACT, INTEGRATE IMPACT: Proceedings of the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)**, 7-10 december, p. 581-584, 2003.

BREAKEY, K. M.; LEVIN, D.; MILLER, I. e HENTGES, K. E. The Use of Scenario-Based-Learning Interactive Software to Create Custom Virtual Laboratory Scenarios for Teaching GeneTIC. In: PUKKILA, P. J. (Eds), **GeneTIC Education: Innovations in Teaching and Learning GeneTIC**. **GeneTIC**, v. 179, n. 3, p. 1151–1155, 2008.

CARNEVALE, D. The Virtual Lab Experiment: Some colleges use computer simulations to expand science offerings online. **The Chronicle of Higher Education: Information Technology**, p. 1-5, 2003.

COSTA, L. A. C. e FRANCO, S. R. K. Ambientes virtuais de aprendizagem e suas possibilidades construtivistas. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 3 n. 1, p. 1-10, 2005.

CUNNINGHAM, S. C.; MCNEAR, B.; PEARLMAN, R. S. e KERN, S. E. Beverage-Agarose Gel Electrophoresis: An Inquiry-based Laboratory Exercise with Virtual Adaptation. **CBE—Life Sciences Education**, v. 5, p. 281–286, 2006.

CRUZ, A. X. e SILVA, M. A. R. **Inclusão Digital: A inserção das tecnologias informacionais nas escolas públicas da RMN e o Proinfo em Natal/RN**. 1. ed. Rio Grande: Pluscom, 2013. 170p.

DALGARNO, B.; BISHOP, A. G.; ADLONG, W. e BEDGOOD JR., D. R. Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students. **Computers & Education**, v. 53, n. 3, p. 853–865, 2009.

DEMO, P. Inclusão digital – cada vez mais no centro da inclusão social. **Inclusão Social**, v. 1, n. 1, p. 36-38, 2005.

DONNELLY, D.; O'REILLY, J. e MCGARR, O. Enhancing the Student Experiment Experience: Visible Scientific Inquiry Through a Virtual Chemistry Laboratory. **Research in Science Education**, v. 43, p. 1571–1592, 2013.

ELAWADY, Y. H. e TOLBA, A. S. Educational Objectives Of Different Laboratory Types: A Comparative Study. **International Journal of Computer Science and Information Security**, v. 6, n. 2, p. 89-96, 2009.

FARIA, J. C. N. M et al. O ensino de Biologia Celular e Tecidual na educação a distância por meio do microscópio virtual. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.6, n. 3, p. 63-75, 2011.

FAÚNDEZ, C. A. F.; BRAVO, A. A.; MELO, A. D. e ASTUDILLO, H. Laboratorio Virtual para la Unidad Tierra y Universo como Parte de la Formación Universitaria de Docentes de Ciencias. **Formación Universitaria**, v. 7, n. 3, p. 33-40, 2014.

FIAD, S B. e GALARZA, O. D. El Laboratorio Virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. **Formación Universitaria**, v. 8, n. 4, p. 3-14, 2015.
FRIESEN, N.; KUSKIS, A. Modes of Interaction. In: MOORE, M. G. (Ed.). **Handbook of Distance Education**. 3 ed. New York, London: Routledge, p. 351-371, 2013.

GARCÍA, M. L. **Los laboratorios virtuales aplicados a la Biología en la Enseñanza Secundaria. Una evaluación basada en el modelo "CIPP"**. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2009, 487 p. Tese de doutorado.

GONÇALVES, L. J. **Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no Ensino Médio**. Porto Alegre: UFRGS, 2005, 97p. Dissertação de mestrado.

GONZÁLEZ, H.; VIDAL, G. e DÍAZ, L. A. Diseño de aplicación de un software multimedia sobre el laboratorio de química general. **Revista Pedagogía Universitaria**, v. 8, n. 2, p. 1-13, 2003.

GUILLERMO, O. E. P.; TAROUCO, L. M. R. e ENDRES, L. A. M. O poder das simulações no ensino de hidráulica. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2005.

HARRIS, T. et al. Comparison of a Virtual Microscope Laboratory to a Regular Microscope Laboratory for Teaching Histology. **The Anatomical Record (New Anat.)**, v. 265, p. 10-14, 2001.

HAWKINS, I. e PHELPS, A. J. Virtual laboratory vs. traditional laboratory: which is more effective for teaching electrochemistry? **Chemistry Education Research and Practice**, v. 4, p. 516-523, 2013.

HERGA, N. R. e DINEVSKI, D. Virtual Laboratory in Chemistry – Experimental Study of Understanding, Reproduction and Application of Acquired Knowledge of Subject's Chemical Content. **Organizacija**, v. 45, n. 3, p. 108-116, 2012.

JIMÉNEZ, C. I. Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 19, n. 62, p. 917-937, 2014.

KOPEC, R. H. **Virtual, On-Line, Frog Dissection vs. Conventional Laboratory Dissection: a Comparison of Student Achievement and Teacher Perceptions among Honors, General Ability, and Foundations Level High School Biology Classes**. South Orange: Seton Hall University, 2002, 117p. Dissertação de mestrado.

KRIPPENDORF, B. B. e LOUGH, J. Complete and Rapid Switch From Light Microscopy to Virtual Microscopy for Teaching Medical Histology. **The Anatomical Record (Part B: New Anat.)**, v. 285B, p. 19–25, 2005.

LAGUARDIA, J.; MACHADO, R. e COUTINHO, E. Interação e comunicação em ambientes virtuais de aprendizado. **DataGramaZero - Revista de Ciência da Informação**, v.11 n. 4, p. 1-14, 2010.

LOPES, P. C. C. T. **Contributo do laboratório químico virtual para aprendizagens no laboratório químico real**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2004, 130p. Dissertação de mestrado.

MA, J. e NICKERSON, J. V. Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. **ACM Computing Surveys**, v. 38, n. 3, p. 1-24, 2006.

MIRANDA, M. E. M. **Efecto de un laboratorio virtual en el aprovechamiento de estudiante en noveno grado tomando un curso de Biología. Un estudio de método combinado.** Caracas: Universidad Metropolitana, 2012, 173p. Tese de doutorado.

MORALES, R. G. e AGÜERA, A. S. Capacitación basada en objetos reusables de Aprendizaje. **Boletín IIE**, p. 23-28, 2002.

MUHAMAD, M.; ZAMAN, H. B. e AHMAD, A. Virtual Biology Laboratory (VLab-Bio): Scenario-based Learning Approach. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 69, p. 162-168, 2012.

NERI, M. C. **Mapa da Inclusão Digital.** Rio de Janeiro: FGV, CPS, 2012. 173p.

NUNES, F. B. et al. Laboratório Virtual de Química: uma ferramenta de estímulo à prática de exercícios baseada no Mundo Virtual OpenSim. **III Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2014), XXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2014).**

NUNES, L. C. O Portfólio na Avaliação da Aprendizagem no Ensino Presencial e a Distância: a alternativa hipertextual. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 18, n. 38, p. 153-170, 2007.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

OLYMPIOU, G. e ZACHARIA, Z. C. Blending Physical and Virtual Manipulatives: An Effort to Improve Students' Conceptual Understanding Through Science Laboratory Experimentation. **Science Education**, v. 96, n. 1, p. 21-47, 2012.

ORTEGA-ZARZOSA, G.; MEDELLÍN-ANAYA, H. E. e MARTÍNEZ, J. R. Influencia en el aprendizaje de los alumnos usando simuladores de física. **Lat. Am. J. Phys. Educ.**, v. 4, suppl. 1, 2010.

POLO, A. P. Los objetos de aprendizaje: aprender y enseñar de forma interactiva en biociências. The learning tools: to learn and to teach in a interactive way in Biosciences. **Revista Cubana de ACIMED**, v. 22, n. 2, p. 155-166, 2011.

RAINERI, D. Virtual laboratories enhance traditional undergraduate biology laboratories. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 29, p. 160-162, 2001.

RÉ, M. A.; ARENAL, L. E. e GIUBERGIA, M. F. Incorporación de TIC a la enseñanza de la Física. Laboratorios virtuales basados en simulación. **Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación**, n. 8, p. 16-22, 2012.

REIS, R. O. **Laboratório virtual de eletrônica**. Lavras: UFLA, 2013, 63p. Monografia de graduação.

RIVERA, L.; ROMÁN, M.; MONCAYO, J. P. e CABRERA, D. O. Laboratorio Virtual de Física. **Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales**, v. 6, n. 12, p. 8-12, 2009.

SÁNCHEZ, P. F.; GARNACHO, A. S.; DACOSTA, J. G. e PÉREZ, E. M. El aprendizaje activo mediante la autoevaluación utilizando un laboratorio virtual. **IEEE-RITA**, v. 4, n. 1, p. 53-62, 2009.

SILVA, A. C. Educação e tecnologia: entre o discurso e a prática. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 72, p. 527-554, 2011.

SUBRAMANIAN, R. e MARSIC, I. ViBE: Virtual Biology Experiments. In: **Tenth International World Wide Web Conference**, may, p. 316-325, 2001.

TEIXEIRA, L. C. R. S.; OLIVEIRA, A. M. A relação teoria-prática na formação do educador e seu significado para a prática pedagógica do professor de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 1-23, 2005.

YANG, K. e HEH, J. The Impact of Internet Virtual Physics Laboratory Instruction on the Achievement in Physics, Science Process Skills and Computer Attitudes of 10th-Grade Students. **Journal of Science Education and Technology**, v. 16, p. 451-461, 2007.

YARON, D. et al. The ChemCollective—Virtual Labs for Introductory Chemistry Courses. **Science**, v. 328, n. 5978, p. 584-585, 2010.

YU, J. Q.; BROWN, D. J. e BILLET, E. E. Development of a Virtual Laboratory Experiment for Biology. **European Journal of Open, Distance and E-learning**, 2005. Disponível em: <http://www.eurodl.org/?p=archives&sp=full&article=195>. Acesso em: 10 fev. 2016.

WALDROP, M. M. The Virtual Lab: Confronted with the explosive popularity of online learning, researchers are seeking new ways to teach the practical skills of science. **Nature**, v. 499, n. 18, p. 268-270, 2013.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor and a taxonomy. En: WILEY, D. A. *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*, 2000. Disponível em: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. Acesso em: 30 abr. 2016.

WOODFIELD, B. F. et al. The Virtual ChemLab Project: A Realistic and Sophisticated Simulation of Organic Synthesis and Organic Qualitative Analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 11, p. 1728-1735, 2005.

2.4 MANUSCRITO 2 – DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE LABORATÓRIO VIRTUAL DE BIOLOGIA CELULAR NO ENSINO MÉDIO

Development and application of Virtual Laboratory of Cell Biology in High School

Aline Jaime Leal¹⁵

Lenira Maria Nunes Sepel¹⁶

Hiasmin Acosta Alves¹⁷

Marcelo da Silveira Siedler¹⁸

Resumo:

O conteúdo de Biologia Celular é considerado de difícil compreensão pelos alunos, por abordar conceitos abstratos e estruturas microscópicas e possuir nomenclatura complexa e extensa. Com o intuito de promover a aprendizagem de conceitos da Biologia Celular, desenvolveu-se o Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) sob uma perspectiva construtivista. O LVBC foi aplicado em três turmas de Ensino Médio Integrado de instituição pública da seguinte maneira: turma um fez uso do LVBC em combinação com laboratório presencial (LP), a turma dois utilizou os dois laboratórios (LVBC + LP) intercalados com aulas tradicionais e a turma três teve aulas tradicionais de todo o conteúdo para depois utilizar os dois laboratórios (LVBC + LP). Verificou-se que as três metodologias utilizadas foram eficientes e promoveram a aprendizagem dos alunos. A opinião dos usuários foi positiva quanto ao uso do LVBC.

Palavras-chave: Tecnologias da Informação e Comunicação, Ensino de Ciências, laboratório virtual de aprendizagem e laboratório presencial.

¹⁵ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Professora de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), câmpus Bagé.

¹⁶ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde pela Universidade Federal de Santa Maria. Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Maria.

¹⁷ Técnica em Informática pelo IFSul, câmpus Bagé.

¹⁸ Graduado em Informática pela Universidade Católica de Pelotas. Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco. Professor de Informática do IFSul, câmpus Bagé.

Abstract:

The content of Cell Biology is considered difficult to understand by the students, by approaching abstract concepts and microscopic structures and having complex and extensive nomenclature. In order to promote the learning of concepts of Cell Biology, the Virtual Laboratory of Cell Biology (LVBC) was developed from a constructivist perspective. The LVBC was applied in three classes of Integrated High School of public institution as follows: one group made use of LVBC in combination with hands-on laboratory (LP), the two group used the two laboratories (LVBC + LP) interspersed with traditional classes and class three took traditional classes of all content to later use the two laboratories (LVBC + LP). It was verified that the three methodologies used were efficient and promoted the students' learning. The users' opinion was positive regarding the use of LVBC.

Keywords: Information and Communication Technologies, Science Teaching, virtual learning laboratory and hands-on laboratory.

1 Introdução

O conteúdo de Biologia Celular é considerado um dos mais difíceis das disciplinas de Ciências e Biologia, por abordar conceitos abstratos e estruturas microscópicas, além de possuir nomenclatura específica e de difícil compreensão pelos alunos (Petrovich et al., 2014; Orlando et al., 2009). Outro obstáculo verificado é a falta de percepção dos alunos em relacionar a Biologia Celular ao seu cotidiano (Tomaz Jr. e Clein, 2003). Nesse sentido, verifica-se a necessidade de utilização de recursos didáticos dinâmicos, diversificados e contextualizados, para que os alunos aprendam o conteúdo de Biologia Celular, em vez de simplesmente memorizarem nomes e fatos, que podem ser facilmente esquecidos.

As aulas de Biologia Celular, de modo ideal, deveriam envolver o uso do laboratório de Ciências para a observação de células ao microscópio óptico, porém a realidade atual é que a maioria das escolas brasileiras não possui esse espaço destinado à realização de aulas práticas (Brasil, 2017). Aliados à carência de laboratório de Ciências nas escolas estão: a falta de recursos para a aquisição e a manutenção de equipamentos, reagentes e vidrarias, além da ausência de recursos humanos para o atendimento desses espaços (Santana, 2011). Dessa forma, o uso de laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA) é uma alternativa para fomentar mudanças no ensino da Biologia Celular, pois facilita a aprendizagem de estruturas e de fenômenos a níveis microscópicos e moleculares (Herga e Dinevski, 2012), por meio de imagens, animações e simuladores, com aumento maior do que o fornecido pelos microscópios

e de forma dinâmica. Também são uma opção mais econômica à construção e à manutenção de laboratórios presenciais, embora sejam usados para complementá-los e não para substituí-los (Melo e Osso Jr., 2008).

Os LVA podem ser utilizados nos laboratórios de Informática já existentes nas escolas, havendo somente a necessidade de instalação de software (Alexiou et al., 2005) ou de acesso à Internet, caso seja uma página ou sistema web. Os alunos também podem acessá-los em casa ou na própria escola em turno inverso, utilizando-os como atividade preparatória, complementar ou de revisão (Peat e Taylor, 2005). Uma grande diversidade de objetos de aprendizagem pode ser encontrada nos LVA, o que os torna adaptáveis a vários estilos e perfis de aprendizagem (Subramanian e Marsic, 2001), abrangendo diferentes capacidades cognitivas (Melo e Osso Jr., 2008) e, conseqüentemente, contribuindo para o desenvolvimento de um elevado número de competências e habilidades.

Nesse tipo de abordagem, ocorre o planejamento prévio do professor para atuar como mediador, o que contribuiu para a autonomia do aluno sobre o seu processo de aprendizagem (Amaral et al., 2011; Subramanian e Marsic, 2001). Espera-se também maior interesse e motivação por parte do aluno, uma vez que o aluno tem liberdade para escolher os caminhos que irá percorrer no LVA, conforme suas afinidades e suas curiosidades. Embora as vantagens apontadas tenham como principais focos o aluno e a sua aprendizagem, os professores também podem ser beneficiados, pois há redução do tempo requerido para aplicação e correção de avaliações, quando estas passam a integrar o LVA, ocorrendo o mesmo com conteúdo teórico (Gibbons et al., 2004).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver o Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) e testar a sua aplicabilidade e eficiência sobre a aprendizagem de alunos do Ensino Médio Técnico Integrado dos cursos de Informática e de Agropecuária de uma instituição pública.

O LVBC é um sistema web que foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar, sendo criado sob uma perspectiva construtivista, havendo a utilização de objetos de aprendizagem diversificados, a fim de criar um ambiente que favoreça um ensino contextualizado, dinâmico e interativo, além de proporcionar aprendizagem.

2 O construtivismo e o Laboratório Virtual de Biologia Celular

Existem várias abordagens e visões sobre o construtivismo, contudo, neste estudo, será considerado o construtivismo fundamentado pelas teorias de Jean Piaget e Lev Semenovitch Vygostsky. Piaget dedicou-se ao estudo do desenvolvimento da inteligência humana e

preconizou que o processo de formação dos conhecimentos ocorre no interior do sujeito através da interação com o objeto, que pode ser proveniente do meio físico, do simbólico ou do social, não sendo possível implantá-los de fora para dentro, pois estes devem ser construídos ou reconstruídos pelo próprio sujeito (Delval, 2003; Ferreira e Duarte, 2012).

A teoria epistemológica de Piaget não pode ser aplicada mecanicamente na prática escolar (Delval e Kohen, 2003), o que torna difícil recomendar uma metodologia pedagógica construtivista bem delimitada e estruturada, propondo apenas procedimentos que seguem algum ou alguns princípios do Construtivismo (Chakur, 2015). Dessa forma, destacam-se como princípios baseados nas ideias de Piaget: utilizar métodos ativos de ensino; favorecer a autonomia do aluno; proporcionar atividades em grupo; centralizar as atividades pedagógicas no aluno; valorizar os conhecimentos prévios dos alunos; reconhecer o erro como momento de aprendizagem; elaborar atividades que, além de gerarem conflitos cognitivos, também ajudem o aluno a superá-los; considerar as diferenças individuais de cada aluno (Kohen, 2003; Mondin e Dias, 2013).

Vygotsky, diferentemente de Piaget, acreditava que o desenvolvimento cognitivo só poderia ser entendido levando-se em consideração o contexto social e cultural no qual ocorre, tendo um caráter coletivo em vez de individual (Moreira, 2011). Nessa perspectiva, o desenvolvimento cognitivo ocorre por meio do processo de mediação, no qual há intervenção de um elemento intermediário numa relação que deixa de ser direta e passa a ser mediada, tornando-se mais complexa (Gehlen e Delizoicov, 2012, Miranda, 2005). Os elementos intermediários mediadores podem ter naturezas distintas e referem-se a instrumentos e a signos, sendo os instrumentos elementos sociais e externos ao indivíduo, que possibilitam a transformação da natureza pelo homem (Moreira, 2011; Miranda, 2005). O signo, por sua vez, é uma representação da realidade, com a finalidade de proporcionar a comunicação entre os sujeitos, estando relacionado com construções histórico-culturais e com o processo de humanização (Gehlen e Delizoicov, 2012). A utilização de signos torna as ações humanas mais complexas e sofisticadas, sendo fundamental para o desenvolvimento de funções mentais superiores (percepção, memória e pensamento) (Miranda, 2005; Cavalcanti, 2005).

No contexto escolar, o professor é o principal mediador entre o conhecimento sociocultural e o aluno, com a tarefa de levar o segundo a se apropriar do primeiro. Essa mediação tem duas características importantes: não é uma transmissão passiva de conteúdos e não ocorre independente do nível de desenvolvimento do aluno, sendo preciso que o professor considere o nível de desenvolvimento real, o que reforça a importância da investigação de conhecimentos prévios (Miranda, 2005). Para Gehlen e Delizoicov (2012), a problematização

tem papel central nesse processo de mediação realizado pelo professor, uma vez que os problemas enfrentados pela humanidade, ao longo da história, foram os responsáveis pela criação dos signos. Dessa forma, pode-se dizer que a produção e a disseminação dos conhecimentos científicos também ocorreram para solucionar algum problema. Sendo assim, os autores destacam a importância de se abordar no ensino de Ciências a História da Ciência, para que os alunos compreendam a gênese de conceitos, modelos e teorias articulados com a sua problemática; além das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que demandam soluções para problemas que dizem respeito ao atual estágio civilizatório.

Para Vygotsky, a aquisição do conhecimento ocorre em duas etapas, a primeira acontece por meio de interações sociais, caracterizando a fase interpessoal ou intersíquica, na segunda, o conhecimento passa a assumir forma individual (intrapessoal ou intrapsíquico), no processo denominado de internalização (Mondin e Dias, 2013; Serpa e Falcon, 2015). Durante a internalização de signos, o indivíduo captura os significados já aceitos no contexto social que se encontra ou já construídos social, histórica ou culturalmente (Moreira, 2011). Exemplificando a teoria de Vygotsky em sala de aula, na primeira fase, os alunos poderiam resolver problemas juntos, já, na segunda fase, cada aluno teria condições de chegar às suas próprias conclusões e argumentações sobre o problema (Laister e Koubek, 2001). Nessa perspectiva, o trabalho em grupo e colaborativo é extremamente relevante para que o aluno consiga aprender e se desenvolver cognitivamente, e o professor tem papel de mediador na aquisição, pelo aluno, de significados contextualmente aceitos (Moreira, 2011). Vygotsky, além de valorizar o trabalho em grupo, também compartilhava de alguns princípios reconhecidos por Piaget, como a importância dos conhecimentos prévios e da atividade dos alunos no seu processo de aprendizagem.

No LVBC, proposto neste estudo, os conhecimentos prévios dos alunos foram avaliados por meio de pré-teste e o resultado considerado durante o planejamento das aulas. Realizou-se *feedback* aos alunos durante as atividades avaliativas, com a justificativa do possível raciocínio que levou cada um a marcar determinada alternativa, sendo o erro considerado momento de aprendizagem. A maior parte das atividades foi realizada coletivamente, sendo criado um grupo na rede social *Facebook*, para comunicação entre os alunos e destes com o professor, uma vez que não foi possível adicionar ferramentas de fórum ou bate-papo no próprio LVBC. O aluno teve autonomia para escolher a sequência de conteúdos para estudo e o tempo necessário para isso. Teve-se como objetivo proporcionar um ensino dinâmico e contextualizado, a fim de promover a atividade do aluno e sua aprendizagem.

Além dos princípios construtivistas, também se guiou pelos resultados da pesquisa bibliográfica realizada sobre laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA) (Leal e Sepel, 2017), na qual se verificou a existência de características relevantes, para que essa tecnologia facilite o processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Dentre elas, destacam-se: apresentar o conteúdo teórico de forma clara e sucinta; ser fácil de usar para promover a inclusão digital de seus usuários; ser atrativo e interativo para despertar o interesse e motivação dos alunos, bem como a comunicação entre seus usuários; apresentar vários métodos avaliativos para acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos.

3 Metodologia de desenvolvimento e de aplicação do Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC)

O LVBC¹⁹ foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar, composta por profissionais da área da Biologia, do Designer gráfico e da Informática. A arquitetura de desenvolvimento consistiu em *scripts server-side* escritos em *Java Server Pages* (JSP), rodando no servidor *TomCat* e acessando uma base de dados criadas no *PostgreSQL*. Foi utilizada arquitetura de três camadas, sendo a programação dividida nas camadas de visão, de persistência e de modelo. Para layout da página, usou um *template* na linguagem de estilo de página *Cascading Style Sheets* (CSS).

Os conteúdos abordados pelo LVBC são: células procarionte e eucariontes, material genético, fissão binária e mitose (célula animal e vegetal) para o Ensino Médio. Foi realizada pesquisa e seleção de objetos de aprendizagem como: imagens, animações, vídeos, simuladores e textos atuais sobre Biologia Celular na Internet. Após, percebeu-se a necessidade de produzir alguns recursos, assim as imagens da célula animal e desta durante a mitose foram criadas por aluno do curso Técnico Integrado em Informática, utilizando mesa digitalizadora *Wacom Intuos CTH680L*, assim como a animação de mitose em célula animal, fazendo uso dos programas *Flash* e *After Effects*. As imagens da célula procarionte e da vegetal, bem como da última durante a mitose, foram criadas pela Empresa *Nosso Cartoon Design & Web Services*.

O material teórico disponível no LVBC teve como fontes: livros didáticos do Ensino Médio, livros do Ensino Superior, artigos científicos, páginas da Internet e o *Software Babylon*. Em algumas atividades avaliativas foram utilizadas charges, as quais foram criadas com a ferramenta *Toondoo*²⁰. Optou-se por dividir o LVBC em onze seções: apresentação, guia de

¹⁹ O LVBC é um sistema web que foi programado por uma aluna durante o seu trabalho de conclusão do curso Técnico Integrado em Informática.

²⁰ O Toondoo é uma página web para criação de charges, disponível no endereço: <http://www.toondoo.com/>.

uso, minha conta, alunos, pré-teste, material (com toda a parte teórica e as aulas práticas), pós-teste, glossário, atualidades, simuladores e minha opinião.

O LVBC possui duas versões: aluno e professor, existindo dois cadastros distintos. No caso do aluno, o mesmo escolhe um *login* e senha, escreve seu nome e *e-mail*, posteriormente, seleciona a turma a que pertence, registrada previamente pelo professor. O professor realiza o registro dos mesmos dados pessoais que o aluno com um quesito a mais, sua formação acadêmica.

Para avaliar a funcionalidade e eficiência do LVBC, este foi aplicado em três turmas do Ensino Médio Integrado em Agropecuária e em Informática de uma instituição pública, no primeiro semestre de 2017 (março a agosto); para isso, utilizaram-se três metodologias diferentes. Na turma A, foi utilizado o laboratório virtual em combinação com o laboratório presencial (LP), sem haver aulas tradicionais (Figura 1). Na turma B, o uso do LVBC e LP foi intercalado com aulas tradicionais. Já na turma C, os alunos primeiramente tiveram todo o conteúdo por meio de aulas tradicionais, para depois fazer uso dos laboratórios. As três turmas apresentaram o mesmo professor regente, o qual ministrou as aulas teóricas tradicionais, e a aplicação do LVBC foi realizada pela pesquisadora com auxílio do professor regente. A turma A é do curso técnico integrado em Informática e era formada inicialmente por 33 alunos com idade entre 15 e 17 anos. As turmas B e C são do curso técnico integrado em Agropecuária, havia 35 alunos na primeira com idades entre 15 e 17 anos e, na segunda, 24 alunos com 16 a 20 anos.

Quarenta por cento da nota do primeiro semestre letivo de 2017 foi atribuída ao uso do LVBC e LP, a tabela interativa teve nota 1,0; as aulas prática (1,3 e 4) 0,5 cada; 1,0 para a confecção das maquetes de células (aula prática 2) e 0,5 para as questões teóricas sobre divisão celular. Os 60% restantes foram provenientes de duas provas elaboradas pelo professor regente e aplicadas ao longo do semestre, cada uma valendo 3,0 (Figura 1).

No início do primeiro semestre de 2017, os alunos das três turmas realizaram o pré-teste que teve como objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo de Biologia Celular, adquiridos no Ensino Fundamental e em seu cotidiano. A primeira atividade do pré-teste consistiu em desenhar uma célula, que foi fotografada e a imagem anexada à questão número um, ficando disponível no portfólio do aluno e, posteriormente, avaliada pela pesquisadora por meio de parecer. Depois, o aluno teve acesso às demais questões, que foram sete, objetivas e contextualizadas sobre os conteúdos: tipos celulares, organelas e divisão celular. Os contextos utilizados nas questões do pré-teste foram relacionados à Ciência e Tecnologia, tais como: saúde, corpo humano, seres vivos, genética e biotecnologia.

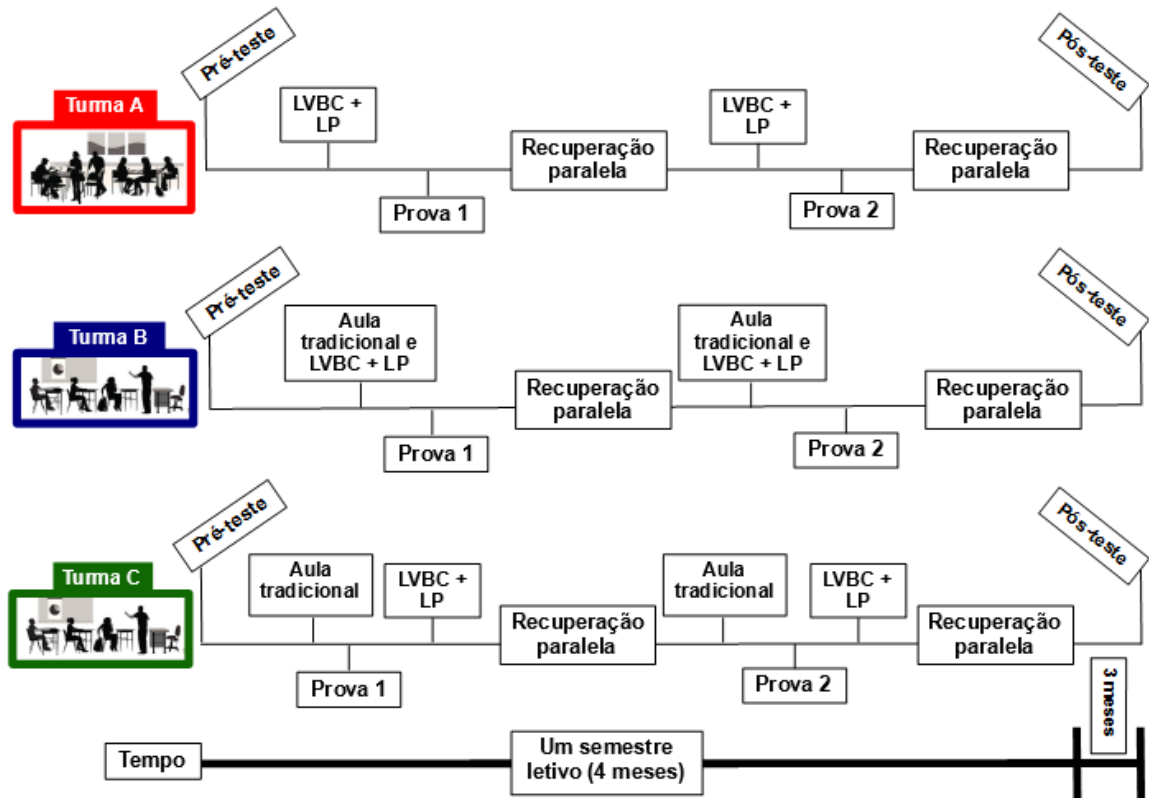


Figura 1. Esquema da aplicação do Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) nas turmas A, B e C. LP: laboratório presencial; aula tradicional: aula expositiva e dialogada; prova 1: sobre citologia; prova 2: sobre material genético e divisão celular. Autoria própria.

Para evitar questões que avaliassem somente a memorização do conteúdo, não foi solicitado o nome específico de organelas, funções ou processos sem haver um contexto que auxiliasse o aluno a fazer as devidas relações para chegar à resposta correta. Assim, foram disponibilizadas tabelas com o nome das organelas e suas respectivas funções, o desenho de uma célula eucarionte animal com todas as estruturas e organelas celulares numeradas e uma charge envolvendo a divisão celular em três eventos: processo de cicatrização, crescimento do corpo humano e reposição das células da pele.

Após a resolução de todas as questões, foi apresentado ao aluno o gabarito, organizado de forma a demonstrar o possível raciocínio que o levou a assinalar tal questão. Dessa forma, pretendeu-se abordar os prováveis modelos alternativos que influenciaram os alunos a terem um pensamento errôneo sobre as estruturas e os fenômenos celulares. Sendo assim, a correção das questões objetivas resultou em momento de aprendizagem, no qual o erro foi justificado (Chakur, 2015), proporcionando a assimilação de novos conhecimentos e a compreensão do caminho para a alternativa correta.

O semestre letivo foi dividido em dois momentos, no primeiro, os alunos estudaram tipos celulares e, no segundo, material genético e divisão celular (Figura 1). No LVBC, os tipos celulares foram abordados por meio de suas imagens (Figura 2) e da tabela interativa (Figura 3).



Figura 2. Página inicial da seção material com os desenhos dos três tipos de células: procarionte, eucarionte animal e eucarionte vegetal.

Na primeira página do LVBC, é possível visualizar os desenhos dos três tipos celulares: célula procariótica, eucarióticas animal e vegetal (Figura 2). Ao clicar sobre um tipo celular, o usuário observa a célula ampliada e pode obter a identificação e informações sobre as estruturas celulares que a compõe, clicando nos círculos verdes (Figura 2). Todas as informações teóricas da seção material contêm *links* para o glossário, onde são definidas aproximadamente 240 palavras, que correspondem a termos científicos usuais na Biologia. O aluno também pode fazer uso direto do glossário, utilizando a ferramenta pesquisar, digitando o termo que pretende saber o significado.

Após o estudo das células, os alunos avaliaram seus conhecimentos ao completar a tabela interativa (Figura 3), na qual constam o nome das estruturas celulares, sua função, imagem e em que tipos de células são encontradas. Na janela ao lado da página principal, constam as sugestões de respostas, as quais foram utilizadas para o preenchimento da tabela interativa (Figura 3). A correção é executada após o total preenchimento das lacunas da tabela, ficando na cor verde as lacunas com as respostas corretas e, em vermelho, as erradas.

Tabela Interativa

Não se esqueça de inserir os caracteres especiais. (Ex.: acentos, 'ç' e outros).

Estrutura	Função	Imagem	Tipo de célula onde é encontrada
Ribossomos	complete		complete
complete	Respiração Celular		Eucariontes animal e vegetal
Nucleoide	Comanda o funcionamento da célula	número da imagem	complete
Cloroplasto	complete		complete
complete			

Sugestões de Respostas

Comanda as atividades da célula	Todas	Nº: 4	Mitocôndria
Eucariontes animal e vegetal	Eucarionte vegetal	Digestão celular	Procarionte
Síntese de proteínas	Nº: 1	Todas	Fotossíntese
Nº: 5	Centríolos	Nº: 2	Nº: 3
Eucariontes animal e vegetal	Complexo Golgiense	Eucariontes animal e vegetal	Núcleo

Figura 3. Página principal da tabela interativa e janela com as sugestões de respostas

Na seção material, os alunos tiveram acesso também às aulas práticas, que sobre citologia foram três. Na primeira, os alunos construíram argumentos para explicar a classificação de lâminas diversas vistas ao microscópio ou estereoscópio, organizadas em quatro grupos, conforme características semelhantes, como tipo e número de células, além da classificação em reinos.

A segunda foi uma atividade interdisciplinar, na qual foram confeccionadas maquetes de células procarionte e eucariontes animal e vegetal, relacionando a Biologia e a Matemática por meio da geometria, da morfologia e da fisiologia celular. A terceira aula prática tratou da observação do processo de osmose em células humanas no LVBC e vegetais ao microscópio óptico no laboratório presencial. Os alunos também fizeram uso do simulador Transportes Passivos de Membrana²¹, no qual puderam aumentar ou diminuir a concentração de sal na água e verificar o que ocorreu com uma hemácia e uma célula vegetal.

Na seção simuladores, estão disponíveis links para outros dois simuladores: Canais da membrana²² e Aprendendo por osmose²³. O primeiro possibilita que o usuário visualize a difusão facilitada e o transporte ativo, ao manipular canais proteicos na membrana plasmática. O segundo é o cenário de um laboratório, no qual um cientista fornece instruções para os

²¹ O simulador Transportes Passivos de Membrana está disponível no link: http://rived.mec.gov.br/atividades/biologia/transporte_passivo_membrana_plasmatica/.

²² O simulador Canais da membrana está disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/membrane-channels.

²³ O simulador Aprendendo por osmose está disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/9560/osmose.swf>.

usuários prepararem soluções hipotônicas ou hipertônicas, adicionando ou reduzindo a quantidade de solutos.

O estudo do material genético abrangeu informações sobre o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA) e sobre a classificação dos cromossomos eucarióticos e a conceituação de termos importantes, a fim de que os alunos compreendessem com maior facilidade o conteúdo de divisão celular. Na subseção multiplicação celular, o aluno teve acesso aos conteúdos: fissão binária em célula procarionte, ciclo celular em células eucariontes animal e vegetal e relação da apoptose com o câncer. A avaliação do conteúdo teórico sobre multiplicação celular foi realizada através de seis questões objetivas e contextualizadas. Para finalizar o estudo da mitose, foi realizada a quarta aula prática para observação e identificação das fases da mitose em células de cebola (*Allium cepa*) no laboratório presencial.

Após três meses do término do primeiro semestre letivo, os alunos realizaram o pós-teste para verificar se houve aprendizagem, este foi constituído por 10 questões. A primeira consistiu em desenhar uma célula, assim como foi realizado no pré-teste, para verificar se houve alguma mudança na concepção dos alunos sobre a estrutura celular. As outras nove questões foram objetivas e contextualizadas, abordando os temas Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) por meio de assuntos como alimentação, estilo de vida, seres vivos, genética, saúde, transporte pela membrana plasmática e divisão celular.

O mesmo princípio usado no pré-teste para evitar questões que avaliassem apenas a memorização do conteúdo foi empregado no pós-teste. Dessa forma, foi disponibilizado para os alunos o desenho dos três tipos de células (procarionte, eucarionte animal e eucarionte vegetal), com todas as suas estruturas numeradas para identificação, além de outras representações visuais (tabela, charge e fotografias de microscopia óptica).

Na seção atualidades, os alunos encontraram textos recentes de assuntos importantes relacionados à Biologia Celular, tais como: células tronco, genoma, presença de células procariontes no corpo humano e composição molecular dos seres vivos.

Ao término do projeto, foi realizada a pesquisa de opinião com os alunos e o professor regente, utilizando a escala de Likert, com cinco níveis, sendo esses: concordo totalmente, concordo, neutro, discordo e discordo totalmente. A segunda avaliação foi realizada a fim de verificar quais seções ou conteúdos são preferidos pelos usuários, assim, foi utilizada uma escala de 1 a 10, sendo assinalado 10 para a(s) seção(ões) ou conteúdo(s) preferidos e 1 para a(s) que menos gostaram. Também foi destinado um local para que os usuários escrevessem algumas sugestões para o aperfeiçoamento do LVBC.

4 Resultados e discussões

Os desenhos realizados pelos alunos das três turmas, no pré e pós-teste, foram agrupados em seis categorias conforme quadro 1. Além disso, verificou-se se nos desenhos havia o nome das estruturas e suas funções. Com relação à membrana plasmática, observou-se se esta era representada por traço único ou duplo e se o núcleo era o contorno de um círculo, estava preenchido, ou continha pontos que lembram seus poros.

A maior parte dos desenhos foi de célula animal (pré-teste: 88% do total, pós-teste: 66%), predominando no pré-teste a categoria AI, o que demonstra uma visão simplista dos alunos sobre a estrutura celular (Bastos, 1992). Porém, houve uma progressão na complexidade dos desenhos, evidenciada pelo aumento das categorias AII e AIII (Quadro 1, figura 4) no pós-teste em relação ao pré-teste, nas três turmas. Alguns alunos confundiram a membrana plasmática com a parede celular, ou ainda, desenharam a célula vegetal com organelas da animal. Dessa forma, a classificação foi realizada com base no maior número de aspectos característicos de cada tipo celular, ou seja, o desenho de uma célula com parede celular, mas com centríolos e lisossomos, foi classificado como animal.

Apenas três (1,9% do total) desenhos (pré-teste 1, pós-teste: 2) exclusivos da célula vegetal foram realizados, porém a mesma foi encontrada em 15 (9,6%) desenhos (turma A: dois, turma B: nove; turma C: quatro) acompanhadas da célula animal ou desta com a célula procarionte. O mesmo fato ocorreu com a célula procarionte, que foi desenhada de forma isolada por cinco (3,2% do total) alunos (pré-teste: uma, pós-teste: quatro alunos), e acompanhada por uma ou pelas duas células em 13 (8,3%) desenhos (turma A: três, turma B: sete, turma C: três). Esse fato demonstra que, mesmo as três células sendo abordadas de maneira semelhante no LVBC, os alunos ainda consideraram a célula animal como modelo, o qual foi comparado com os demais tipos celulares.

Na maioria dos desenhos, a membrana plasmática foi representada por traço único, o núcleo como contorno de um círculo, às vezes, contendo o DNA, e o nucleóide como um emaranhado em espiral. De modo geral, os desenhos do pós-teste apresentaram maior nível de detalhamento das células, com aumento da diversidade de categorias e da indicação da nomenclatura e de funções (Figura 4).

Quadro 1. Categorias dos desenhos realizados pelas turmas A, B e C no pré e pós-teste

Categoria	Tipo de célula	Subcategorias	Descrição
A	Célula animal	I	MP, núcleo e citoplasma (vazio)
		II	MP, núcleo e citoplasma (estruturas)
		III	MP, núcleo e citoplasma (organelas)
B	Célula vegetal	I	PC, MP, núcleo e citoplasma (vazio)
		II	PC, MP, núcleo e citoplasma (estruturas)
		III	PC, MP, núcleo e citoplasma (organelas)
C	Célula procarionte	I	MP, citoplasma e nucleóide (sem PC)
		II	PC, MP, citoplasma, ribossomos e nucleóide
		III	PC, MP, flagelo, citoplasma, nucleóide, ribossomos
		IV	PC, MP, citoplasma, ribossomos, nucleóide, plasmídeo
D	Animal e procarionte	I	Duas células
	Animal e vegetal	II	
E	Procarionte, animal e vegetal	I	Três células
F	Não se configura como célula	I	Desenhos com problemas

MP: membrana plasmática, PC: parede celular. Autoria própria.

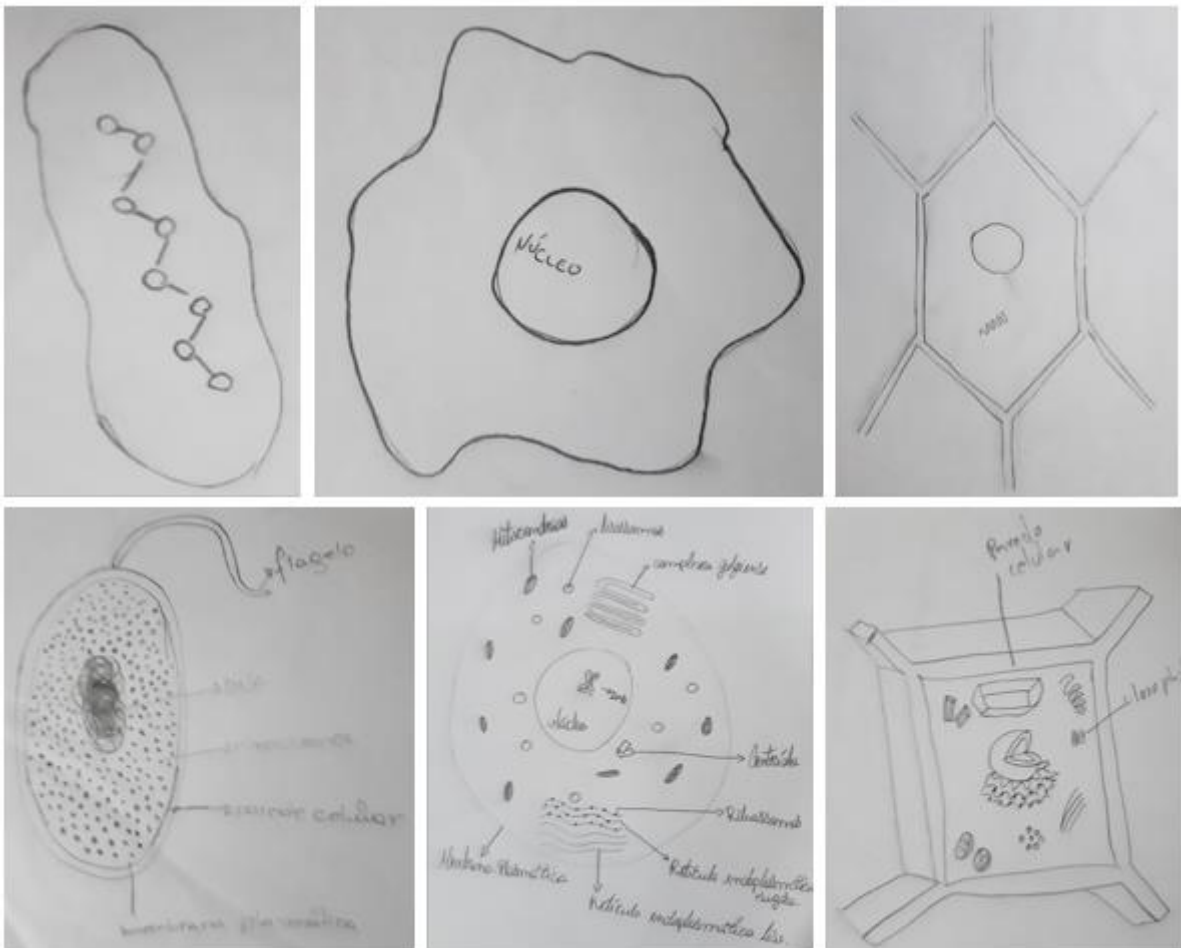


Figura 4. Desenhos dos três tipos de células, sendo os de cima referentes ao pré-teste e os de baixo ao pós-teste.

Realizando análise estatística dos resultados encontrados no pré-teste das três turmas, verificou-se que não houve diferença significativa, evidenciado homogeneidade nos conhecimentos prévios dos alunos (Tabela 1). Porém, houve diferença significativa entre o pré e pós-teste em todas as turmas, demonstrando o efeito positivo na aprendizagem dos alunos do uso do laboratório virtual combinado com o laboratório presencial e/ou com métodos tradicionais de ensino (Tabela 1). Com relação ao pós-teste, comparando as médias gerais das três turmas, não se encontrou diferenças na análise estatística (Tabela 1), evidenciado que os três métodos de aplicação do LVBC obtiveram resultados semelhantes sobre a aprendizagem dos alunos. Os resultados deste estudo estão de acordo com os encontrados por Ranieri (2001) e Cunningham et al. (2006), que observaram aumento no desempenho dos alunos após combinar laboratórios virtuais de Biologia com o presencial. Porém, difere deste estudo por só avaliar as aulas práticas em laboratório, não incluindo a parte teórica.

Tabela 1. Porcentagem de acertos dos alunos das três turmas avaliadas no pré e pós-teste

	Turmas		
	A	B	C
Pré-teste	34,46 ± 16,55 aB	32,88 ± 15,53 aB	34,77 ± 13,39 aB
Pós-teste	65,59 ± 18,98 aA	57,39 ± 17,24 aA	61,24 ± 17,29 aA

Valores em uma mesma linha, seguidos por letras minúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey, enquanto valores em uma mesma coluna, seguidos por letras maiúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey. Autoria própria.

Realizando uma análise mais detalhada do desempenho no pré e pós-teste (Figura 5), verificou-se que a maioria dos alunos da turma A (85%), B (66%) e C (83%) acertaram entre 15 e 45% das questões do pré-teste. No pós-teste, 75% da turma A apresentou desempenho entre 55,55% e 100%; 81% da turma B ficou na faixa entre 44,44% e 89% acertos e aproximadamente 73% dos alunos da turma C obtiveram entre 55,55% e 89% questões corretas. Dessa forma, foi possível observar com maior clareza que o desempenho dos alunos aumentou consideravelmente no pós-teste, indicando que houve aprendizagem do conteúdo de Biologia Celular.

Para facilitar a apresentação dos resultados da pesquisa de opinião dos usuários, agrupou-se o nível concordo totalmente e concordo no denominado nível de concordância, o mesmo foi realizado para o discordo totalmente e discordo, representando o nível de

discordância (Quadro 2). A maioria dos alunos das três turmas concordou que o conteúdo teórico do LVBC estava claro e objetivo e considerou os recursos audiovisuais de boa qualidade. O guia do aluno não foi utilizado pela maioria dos alunos, o que justifica o alto índice de neutralidade para esse ponto. Esse fato ocorreu porque todas as atividades foram explicadas pela pesquisadora e pelo professor regente, sendo o guia do aluno utilizado apenas pelos alunos que acessaram o LVBC em suas casas ou no câmpus em turno inverso.

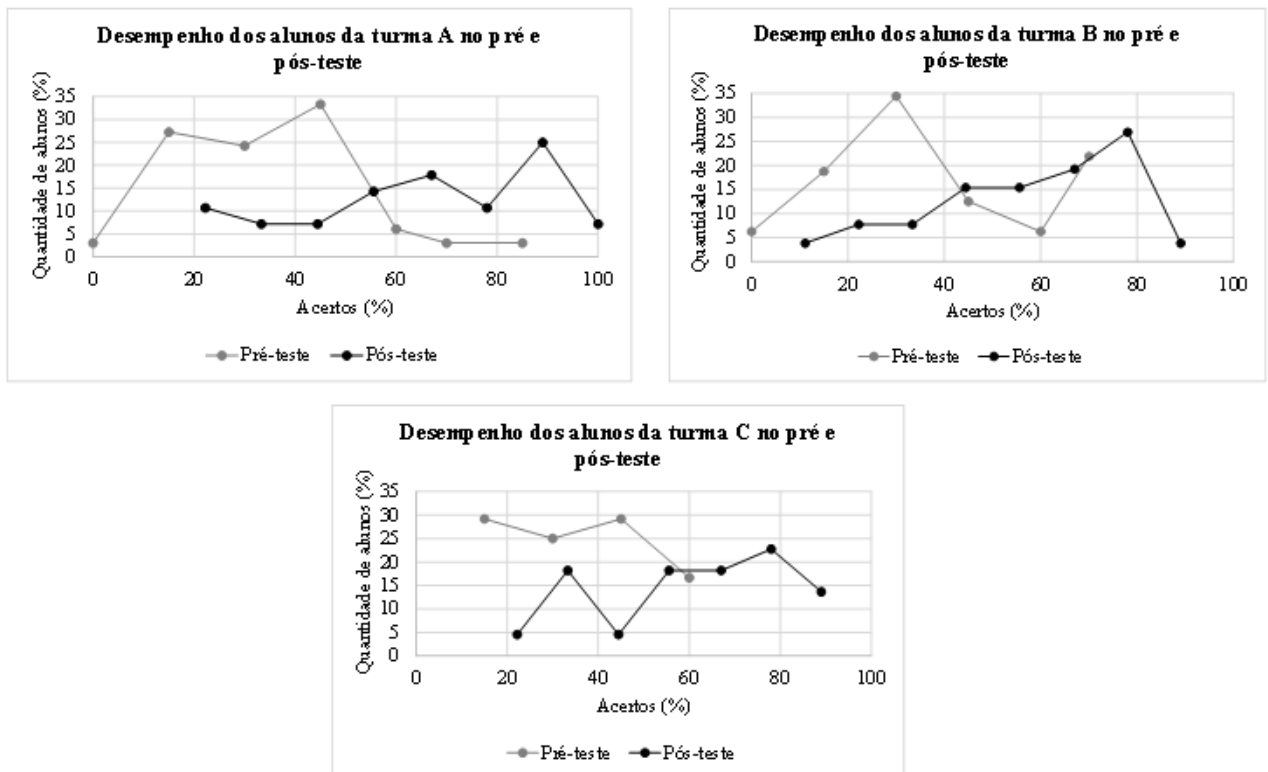


Figura 5. Gráficos demonstrativos das notas dos alunos das turmas A, B e C no pré e pós-teste. Autoria própria.

Com relação ao LVBC possuir todo o conteúdo para a resolução de problemas, as turmas B (96%) e C (91%) apresentam maior nível de concordância do que a turma A (63%), o que pode ter ocorrido por esta ter feito uso apenas do LVBC e LP, podendo ter encontrado alguma dificuldade na busca por informações no laboratório virtual. Diferentemente das turmas B e C, que utilizaram o LVBC e LP após a aula teórica tradicional, o que pode ter facilitado a navegação no laboratório virtual, uma vez que já tinham certo conhecimento sobre o conteúdo.

Embora a maioria dos alunos (63,66%) considere que o LVBC facilitou a sua aprendizagem, o mesmo não foi observado quanto à motivação para estudar, ponto com o menor

porcentual de concordância (27%) e com maior de discordância (42,25%). Verificou-se a maior motivação para o estudo entre os alunos da turma A (43%) do que a B (15%) e a C (23%).

O uso do LVBC ocorreu dentro do tempo adequado para a maioria dos alunos (73%) e os que não consideraram apontaram como principal motivo a falta de qualidade da Internet do câmpus, o que prejudicou o andamento das aulas e a realização das atividades propostas. As três turmas apresentaram disparidade com relação à recomendação do uso do LVBC para demais turmas, a A apresentando menor nível de concordância (61%), seguida da B (73%) e da C (91%). A turma A foi a que mais utilizou o LVBC e, conseqüentemente, foi a mais prejudicada pelo mau funcionamento da Internet.

Quadro 2. Resultados da pesquisa de opinião dos alunos das turmas A, B e C e do professor regente sobre o Laboratório Virtual de Biologia Celular

Número	Pontos em questão	Turma A			Turma B			Turma C			Professor regente
		C	N	D	C	N	D	C	N	D	C
1	O conteúdo teórico é claro e objetivo.	85,71%	10,71%	3,58%	92,30%	7,70%	0	81,82%	18,18%	0	100%
2	Os recursos audiovisuais* são de boa qualidade.	85,71%	10,71%	3,58%	92,30%	7,70%	0	100%	0	0	100%
3	O guia do aluno/professor foi fundamental para o uso do laboratório virtual (LV).	7,14%	92,86%	0	19,23%	80,77%	0	32%	63,64%	4,54%	100%
4	O LV possui todo o conteúdo para a resolução das atividades avaliativas propostas.	62,97%	7,40%	29,63%	96,16%	3,84%	0	90,91%	9,09%	0	
5	As atividades avaliativas estão condizentes com o conteúdo teórico abordado no LV.										100%
6	As aulas práticas foram conduzidas com facilidade.										100%
7	O uso do LV facilitou a minha aprendizagem ou de meus alunos.	53,57%	17,86%	28,57%	69,23%	19,23%	11,54%	68,18%	22,73%	9,09%	100%
8	O uso do LV me motivou/ motivou meus alunos a estudar.	42,86%	14,29%	42,85%	15,39%	46,15%	38,46%	22,73%	31,82%	45,45%	100%
9	O uso do LV ocorreu dentro do tempo adequado.	60,71%	21,43%	17,86%	73,07%	19,23%	7,70%	85%	5%	10%	100%
10	O LV é um excelente recurso didático para complementar o ensino presencial.										100%
11	Eu recomendaria o uso deste LV.	60,71%	21,43%	17,86%	73,07%	19,23%	7,70%	90,91%	9,09%	0	100%

* Entende-se por recursos audiovisuais as imagens, animações, simuladores e tabela interativa. C: nível de concordância, N: nível de neutralidade, D: nível de discordância. As lacunas em cinza claro não foram respondidas pelos alunos ou professor. Autoria própria.

O professor regente avaliou muito bem o LVBC, apresentando apenas o nível de concordância para todos os pontos em questão, por isso, os demais níveis (N e D) foram

suprimidos do quadro 2. Além disso, transcreveram-se os comentários realizados pelo professor regente: *“O Laboratório Virtual correspondeu as minhas expectativas, sendo extremamente útil, eficaz, viável e com potencial para expansão. É indiscutível que, cada vez mais, se faz necessário variações na metodologia de ensino, principalmente com o objetivo de despertar o interesse nos alunos e estimular o aprendizado criativo. Não há dúvidas de que o Laboratório Virtual alcançou estes objetivos. Também me surpreendeu o seu grande potencial para abordagens multidisciplinares”*.

Após preencherem a tabela de pontos com a escala de Likert, os alunos responderam três perguntas, sendo a primeira se gostaram de utilizar o LVBC no semestre passado. Os alunos da turma A que gostaram de utilizar o LVBC (Figura 6) acreditam ser um recurso que facilita o estudo e o aprendizado, sendo uma maneira diferente e não monótona de aprender, havendo também preferência por digitar em vez de copiar. Porém, mesmo gostando de usar o LVBC, esse grupo de alunos (43%) reclama da falta de qualidade da Internet do câmpus e alguns mencionam que seria bom ter também aulas teóricas tradicionais. O grupo de alunos da turma A que não gostou de utilizar o LVBC (57%) (Figura 6) aponta como motivos: os problemas referentes à Internet e sentiram falta e/ou preferem ter aulas teóricas tradicionais, pois acreditam que estas melhoram o aprendizado e a fixação do conteúdo.

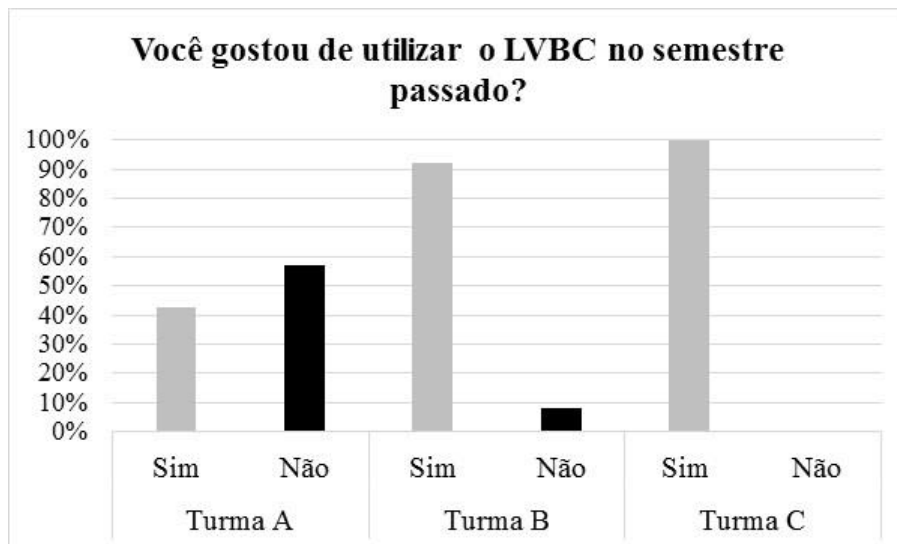


Figura 6. Resultado da pesquisa de opinião dos alunos das turmas A, B e C com relação ao uso do Laboratório Virtual de Biologia Celular. Autoria própria.

A turma B possui uma opinião diferente, sendo que os alunos que gostaram de utilizar o LVBC (Figura 6) mencionaram, com maior frequência, *os recursos audiovisuais (imagens, simuladores, animações) como principal justificativa, seguido de ser diferente, menos chato e*

cansativo, e de características relacionadas à aprendizagem como: fixação do conteúdo, mais fácil de memorizar os nomes, ajuda a entender, melhora o conhecimento, facilita o aprendizado. Dois alunos não gostaram de utilizar o laboratório virtual por considerarem bastante complexo e de difícil compreensão.

Todos os alunos da turma C afirmam ter gostado de usar o LVBC (Figura 6), pois consideram *menos maçante, diferente e melhor forma de aprender, além de motivar o estudo e aprendizado, facilitar o modo de estudar, permitir a interação com o conteúdo e, ainda, ressaltam que este deveria ser mais utilizado durante as aulas.*

A segunda pergunta realizada para a turma A foi referente às explicações dadas pela pesquisadora e pelo professor regente sobre o conteúdo após o uso do LVBC e LP, a maioria considerou suficiente (89%), sendo caracterizadas como boas e muito objetivas. Para as turmas B e C, a segunda pergunta foi se o LVBC complementou o conteúdo visto nas aulas teóricas tradicionais, 92% e 95% dos alunos das turmas B e C, respectivamente, acreditam que sim, pois *o conteúdo é mais completo no LVBC, há possibilidade de estudar em casa, melhor visibilidade do conteúdo, respostas dadas na hora, o que ajuda a compreender e fazer anotações, resolução direta de exercícios no laboratório virtual e é interessante como revisão do conteúdo.* Dois alunos da turma B, afirmaram que o LVBC não complementou o seu aprendizado, por *apresentar muita coisa e as animações e imagens poderiam também ser apresentadas em slides,* não havendo necessidade de usar do laboratório virtual; um aluno da turma C teve a mesma opinião, justificando que o LVBC foi *muito pouco utilizado, tendo pouco efeito sobre o seu aprendizado.*

A última pergunta realizada para as três turmas teve o objetivo de verificar qual metodologia de aplicação é preferida ou considerada mais eficiente pelos alunos, a grande maioria optou pelo uso alternado do LVBC e LP com aulas teóricas tradicionais (Figura 7). A turma A acredita *haver maior equilíbrio, utilizando ambos (LVBC e LP + aulas teóricas tradicionais); um complementa o outro; ambos são bons métodos de aprendizagem; melhor conciliar os dois do que ter somente um para adquirir um melhor aprendizado; gostam do laboratório virtual, mas precisam das aulas tradicionais;* entre outras justificativas. A turma B gostou da metodologia utilizada, pois afirmou *ter dado muito certo; método diferente, interessante e mais completo; mais fácil de lembrar o conteúdo; aulas mais didáticas; ajuda a fixar o conteúdo, recursos audiovisuais, textos e exercícios ajudam a compreender o conteúdo.* A turma C também prefere o uso alternado do LVBC e LP com aulas teóricas tradicionais e menciona os motivos: *o conteúdo está fresco e pode assim ser fixado; facilita o aprendizado*

do conteúdo, melhora sua visualização e desperta o interesse; um complementa o outro; utilizar os dois para nenhum destes ficar mais marcante.

O professor regente concordou com o que foi exposto pelos alunos, acreditando que o uso alternado do LVBC e LP com aulas teóricas tradicionais seja o melhor método e justifica: “...foi a metodologia que demandou menos esforço, otimizou o tempo, teve maior aceitação e, segundo a minha ótica, obteve qualitativamente os melhores resultados”. Com relação à metodologia que só utiliza os laboratórios virtual e presencial, o professor regente afirma: “contrapõe-se a falta de maturidade dos alunos com a necessidade de ele próprio construir o seu conhecimento, e mesmo que supervisionado pelo professor, está não é uma tarefa fácil. Além disso, as turmas são extremamente heterogêneas..., este tipo de metodologia tende a aumentar as diferenças, principalmente no que se refere à velocidade e à equidade de aprendizagem da turma”. Para o professor regente, utilizar o LVBC e LP, após todas as aulas teóricas tradicionais, tem o tempo como fator limitante, “Gasta-se muito tempo retomando o conteúdo para ser possível a posterior utilização do laboratório”.

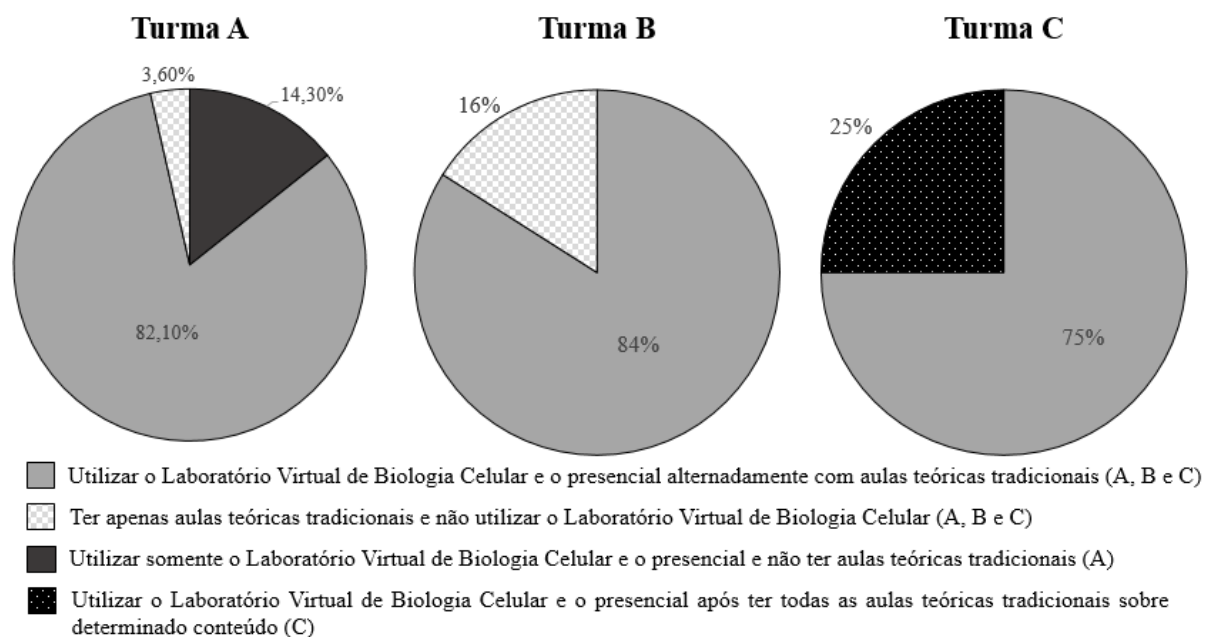


Imagem 7. Preferência dos alunos das turmas A, B e C quanto à metodologia de aplicação do Laboratório Virtual de Biologia Celular. Autoria própria.

Nenhum aluno da turma C, 3,6% da turma A e 16% da turma B prefere ter apenas aulas teóricas tradicionais e não fazer uso do LVBC e LP (Figura 7). O único aluno da turma A que optou por esta metodologia não justificou sua resposta. Os quatro alunos da turma B que

preferem ter apenas aulas teóricas tradicionais afirmam que o LVBC tem apenas animações e figuras e acreditam que as aulas teóricas tradicionais são melhores para a compreender o conteúdo.

Os 14% dos alunos da turma A que preferem usar apenas o LVBC e LP consideram ser *o método mais prático e menos cansativo* (Figura 7). Os 25% de alunos da turma C que afirmam ser melhor utilizar o LVBC e LP, após ter todas as aulas teóricas, acreditam que o laboratório virtual *é um material para revisar o que foi dado em aula e para tirar dúvidas, além de facilitar a fixação do conteúdo* (Figura 7).

Relacionando os resultados do pós-teste com a pesquisa de opinião dos usuários, verificou-se certa insegurança dos alunos e do professor regente quanto ao uso exclusivo do LVBC e LP, uma vez que foi a metodologia menos aceita, mesmo não havendo diferença no desempenho dos alunos, quando comparada com as demais. Logo, os resultados do pós-teste (Tabela 1) demonstram que a mediação realizada na turma A foi tão eficiente quanto às aulas teóricas tradicionais ministradas para as turmas B e C. Além disso, a turma B teve o maior número de alunos reprovados na disciplina de Biologia (25,71%), se comparada com a turma A (15,15%) e C (zero). Portanto, a preferência pelo uso intercalado de aulas teóricas tradicionais com o LVBC não está relacionada a fatores quantitativos.

No entanto, os usuários podem ter considerado o método mais fácil, uma vez que a mediação acarreta maior tempo gasto pelo professor para o planejamento e a execução das aulas, uma vez que o avanço do conteúdo depende do tempo requerido para que os alunos construam o seu próprio conhecimento. Na visão do aluno, é mais confortável assistir às aulas teóricas tradicionais e, logo em seguida, revisar o conteúdo com o LVBC e LP. Utilizar somente o LVBC e LP parece ser uma mudança muito radical de paradigma, o ensino tradicional ainda prevalece nas escolas, sendo um método consolidado e difícil de ser substituído, sendo mais aceito o LVBC como metodologia complementar.

Verificou-se que as turmas apresentaram um perfil distinto com relação às preferências pelas seções que compõem o LVBC, para melhor visualizar, produziram-se nuvens de palavras, quanto maior a fonte dos caracteres, mais alta foi a nota dada pela turma (Figura 8).

A animação da mitose em célula animal foi bem avaliada pelas três turmas (Figura 8), ocupando as posições de primeiro (turmas A e B) e segundo lugar (turma C). As turmas A e B atribuíram maior nota ao glossário (turmas A e B – segunda, turma C – quinta posição), provavelmente por terem o utilizado mais do que a turma C. A grande aceitação da animação e do glossário pelas três turmas pode estar relacionada à rapidez com que os alunos encontram as informações que precisam, uma vez que fazem parte da Geração Digital, caracterizada pelo

imediatismo promovido pelo uso das tecnologias da informação e comunicação (TIC) (Coll e Monereo, 2010). Com a animação, os alunos conseguem visualizar todas as fases da mitose em poucos segundos, e o glossário, diferentemente dos hipertextos, fornece informação sucinta e objetiva, o que reduz o tempo de busca.

As aulas práticas foram a seção preferida pela turma C, o mesmo não ocorreu nas demais turmas (turma A – oitava; turma B – quarta posição). Esse resultado pode estar relacionado ao fato dos alunos da turma C estarem cursando o quarto semestre do curso técnico, ou seja, estão mais habituados a ter aulas em laboratório e, provavelmente, já fizeram uso do microscópio em algum momento do curso ou do estereoscópio que apresenta funcionamento semelhante. Os alunos das demais turmas podem ter se sentindo inseguros com relação à manipulação de um novo equipamento, uma vez que são ingressantes do primeiro semestre.

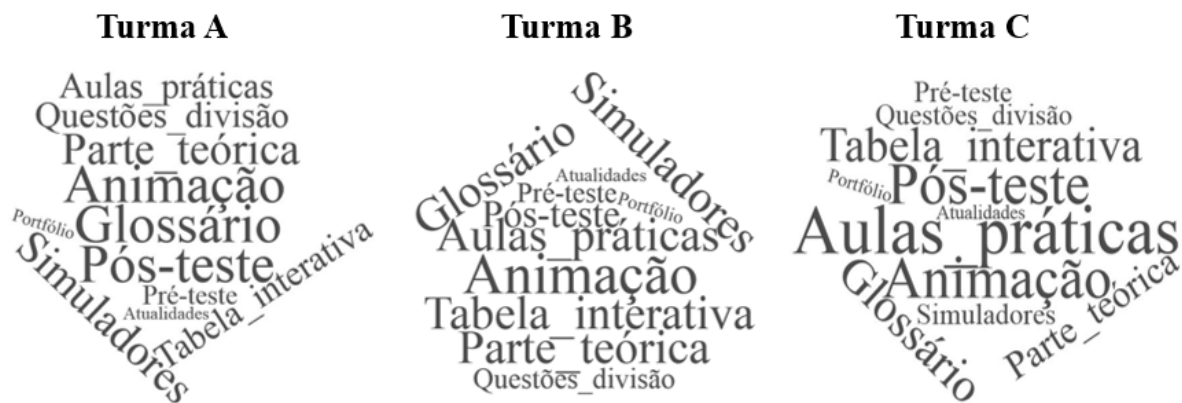


Figura 8. Nuvens de palavras contendo as seções e conteúdos do Laboratório Virtual de Biologia Celular que foram avaliados pelos alunos das turmas A, B e C. Tamanho da fonte proporcional a nota dada pela turma. Autoria própria, realizadas no Wordclouds.

Os alunos das turmas A e C gostaram mais de realizar o pós-teste (terceira posição) do que os alunos da turma B (sétima posição). As turmas B e C melhor avaliaram a tabela interativa (terceira), quando comparadas com a turma A (sétima posição). A interatividade com o laboratório virtual pode ter despertado maior atenção dos alunos do curso de Agropecuária (turmas B e C), pois os alunos da Informática (turma A) estão habituados a utilizar recursos mais sofisticados e complexos.

Os simuladores obtiveram melhor pontuação nas turmas A (quarta) e B (quinta) do que na C (sétima posição). Provavelmente, para os alunos das turmas A e B, que estão cursando o primeiro semestre dos cursos, os simuladores são uma novidade. Diferente dos alunos da turma C, que estão no quarto semestre do curso e já devem ter feito uso deste recurso didático. No

trabalho realizado por Subramanian e Marsic, (2001), os alunos também tiveram atitude positiva quanto ao uso de simulador, no caso de mitose, e gostaram, especificamente, do fato de poderem repetir o processo quantas vezes fosse necessário.

A boa avaliação da tabela interativa e dos simuladores pelos alunos pode estar relacionada ao princípio da gamificação, definido por Raph Koster *apud* Fardo (2013) como: o uso de mecânicas, estéticas e pensamentos dos *games* para engajar pessoas, motivar a ação, promover a aprendizagem e resolver problemas. A gamificação possui características como a ludicidade, desafios (Alves e Maciel, 2014) e competição entre seus usuários, além de recompensas (Bissoloti et al., 2014). A tabela interativa e os simuladores são ambientes lúdicos, no quais os alunos foram desafiados, obtendo *feedback* rápido e tendo como recompensa a nota. Percebe-se assim a necessidade de criação de mais objetos de aprendizagem interativos para o LVBC, para despertar maior interesse e motivação dos seus usuários.

O conteúdo teórico apresentou avaliação semelhante nas três turmas (turma A – quinta; turma B e C – sexta posição). O pré-teste, o portfólio, as atualidades e as questões sobre divisão celular foram as seções com menor nota de modo geral. O portfólio e as atualidades foram seções pouco utilizadas pelos alunos, a primeira contém o parecer da pesquisadora sobre o desenho realizado no pré-teste e, a segunda, o conteúdo complementar. Portanto, a maioria dos alunos se deteve a utilizar apenas o conteúdo do LVBC visualizado em sala de aula sob a orientação da pesquisadora e do professor regente.

A maior nota atribuída ao pós-teste em comparação ao pré-teste pode indicar que os alunos estavam mais confortáveis e confiantes para realizar o último teste, porque já haviam estudado todo o conteúdo. Outro fator motivador foi o espírito competitivo entre as turmas, pois os alunos sabiam que todas tinham resultado semelhante no pré-teste, portanto, o pós-teste poderia ser um fator de desempate.

O professor regente avaliou com nota nove ou 10 todos as seções e conteúdos presentes na figura 8.

5 Conclusões

Os alunos das três turmas obtiveram aprendizagem do conteúdo de Biologia Celular, indicada pelo aumento de desempenho no pós-teste, assim como da complexidade e do detalhamento dos desenhos de células ao longo do projeto. Porém, não houve diferença estatística entre as três metodologias (turma A: apenas LVBC e LP; turma B: aulas tradicionais intercaladas com o LVBC e LP; turma C: ver todo o conteúdo com aulas tradicionais e depois

fazer uso do LVBC e LP) utilizadas, portanto, todas apresentam a mesma eficiência sobre a aprendizagem dos alunos.

Os alunos, de modo geral, e o professor regente demonstraram opinião positiva quanto ao uso do LVBC. A turma A foi a menos satisfeita com o uso do laboratório virtual, uma vez que foi a mais prejudicada pelos problemas com a Internet e também a que não teve aulas tradicionais, sentindo falta das mesmas.

A grande maioria dos alunos e o professor regente preferem a metodologia em que há uso intercalado do LVBC com as aulas tradicionais, muito provavelmente por esta ser mais prática e fácil de ser aplicada, uma vez que não teve resultados quantitativos melhores que as demais. Notou-se certa resistência para o uso da mediação realizada na metodologia empregada na turma A, que só utilizou o LVBC e LP, e na construção dos conhecimentos pelos próprios alunos. Acredita-se que houve insegurança por parte dos alunos da turma A e do professor regente com o método, que diferentemente das aulas tradicionais, não tem tempo estipulado e, muito menos, uma única forma de ser empregado.

Realizando uma análise geral das preferências dos alunos pelas seções e conteúdos do LVBC, verificou-se que foram elencados, nas primeiras posições, objetos de aprendizagem dinâmicos e que seguem algumas características encontradas na gamificação (ludicidade, desafio e recompensa), caso da animação, da tabela interativa e dos simuladores. As aulas práticas também tiveram destaque, assim como o glossário. Logo, percebeu-se que os alunos preferem estar ativos no seu processo de aprendizagem, seja intelectualmente ou de forma motora, e interagir com o material de estudo.

6 Perspectivas futuras

As perspectivas futuras são adicionar alguns conteúdos no LVBC, tais como: história da microscopia, duplicação do DNA, transcrição e tradução, além da meiose, para englobar toda a Biologia Celular e Molecular vista no Ensino Médio e incluir alguma ferramenta de comunicação, como fórum ou bate-papo, para tornar o laboratório virtual mais interativo para seus usuários.

Pretende-se também realizar uma divulgação do LVBC para que outras escolas tenham a possibilidade de utilizá-lo. Por fim, almeja-se produzir a versão Ensino Superior do LVBC.

Referências

Alexiou, A., Bouras, C. & Giannaka, E. (2005). Virtual Laboratories in Education. In: Courtiat, J. P.; Davarakis, C.; Villemur, T. (eds). *Technology Enhanced Learning. IFIP International Federation for Information Processing*, Boston: Springer.

Alves, F. P. & Maciel, C. (2014). A gamificação na educação: um panorama do fenômeno em ambientes virtuais de aprendizagem. Disponível em: <<http://docshare01.docshare.tips/files/25768/257687132.pdf>>.

Amaral, É. M. H., Ávila, B., Zednik, H. & Tarouco, L. (2011). Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica. *Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, 9 (2), 1-11.

Bastos, F. O conceito de célula viva entre os alunos de segundo grau. (1992). *Em Aberto*, 55: 63-66.

Bissolotti, K., Nogueira, H. G. & Pereira, A. T. C. (2014). Potencialidades das mídias sociais e da gamificação na educação a distância. *Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, 12 (2), 1-11.

Brasil. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. (2017). *Censo Escolar da Educação Básica 2016: Notas estatísticas*. Brasília: MEC/INEP.

Cavalcanti, L. S. (2005). Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino de Geografia. *Cad. Cedes, Campinas*, 25 (66), 185-207.

Chakur, C. R. S. L. (2015). *A desconstrução do Construtivismo na educação*. São Paulo: Editora UNESP.

Coll, C. & Monereo, C. (2010). *Psicologia da Educação Virtual*. Porto Alegre: Artmed.

Cunningham, S. C., Mcnear, B., Pearlman, R. S. & Kern, S. E. (2006). Beverage-Agarose Gel Electrophoresis: An Inquiry-based Laboratory Exercise with Virtual Adaptation. *CBE—Life Sciences Education*, 5, 281–286.

Delval, J. (2003). O conhecimento, um processo de criação. In: Sebarroja, J. C. (org.); Murad, Fátima. Capítulo 8 – Jean Piaget. *Pedagogias do Séc. XX*. Porto Alegre: Artmed.

Delval, J. & Kohen, R. (2003). Alguns desencontros. In: Sebarroja, J. C. (org.); Murad, F. Capítulo 8 – Jean Piaget. *Pedagogias do Séc. XX*. Porto Alegre: Artmed.

Fardo, M. L. (2013). A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. *Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, 11 (1), 1-9.

Ferreira, B. J. P. & Duarte, N. (2012). O lema aprender a aprender na literatura de Informática Educativa. *Educ. Soc.*, 33 (121), 1019-1035.

Gehlen, S. T. & Delizoicov, D. (2012). A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de Vygotsky: implicações no ensino de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17 (1), 59-79.

Gibbons, N. J., Evans, C., Payne, A., Shah, K. & Griffin, D. K. (2004). Computer Simulations Improve University Instructional Laboratories. *Cell Biology Education*, 3, 263–269, 2004.

Herga, Natasa Rizman; Dinevski, Dejan. Virtual Laboratory in Chemistry – Experimental Study of Understanding, Reproduction and Application of Acquired Knowledge of Subject's Chemical Content. *Organizacija*, v. 45, n. 3, p. 108-116, 2012.

Kohen, R. (2003). Autonomia para experimentar. In: Sebarroja, J. C. (org.); Murad, F. Capítulo 8 – Jean Piaget. *Pedagogias do Séc. XX*. Porto Alegre: Artmed.

Laister, J. & Koubek, A. (2001). 3rd Generation Learning Platforms Requirements and Motivation for Collaborative Learning. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*. Disponível em: <<http://www.eurodl.org/materials/contrib/2001/icl01/laister.pdf>>.

Melo, R. C. & Osso Jr, J. A. (2008). Laboratórios virtuais e ambientes colaborativos virtuais de ensino e de aprendizagem: conceitos e exemplos. *Revista de Informática Aplicada*, 4 (2), 13-23.

Miranda, M. I. (2005). Conceitos centrais da teoria de Vygotsky e a prática pedagógica. *Ensino em Re-Vista*, 13 (1), 7-28.

Mondin, E. M. C.; Dias, C. L. (2013). A profissão docente sob diferentes concepções psicológicas: O enfoque construtivista e o socioconstrutivista. *Psicologia argumento*, 31 (74), 483-494.

Moreira, M. A. (2011). *Teorias de Aprendizagem*. 2ª ed. São Paulo: EPU.

Orlando, T. C. et al. (2009). Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, 1: 1-17.

Peat, M. & Taylor, C. (2005). Virtual biology: how well can it replace authentic activities? Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/239815481_Virtual_biology_how_well_can_it_replace_authentic_activities>.

Petrovich, A. C. I. et al. (2014). Temas de difícil ensino e aprendizagem em Ciências e Biologia: experiências de professores em formação durante o período de regência. *Revista da SBEnBio*, 7: 363-373.

Raineri, D. (2001). Virtual laboratories enhance traditional undergraduate biology laboratories. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 29, 160-162.

Santana, S. L. C. Utilização e gestão de laboratórios escolares. Santa Maria: UFSM, 2011. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

Serpa, G. R. & Falcón, A. L. (2015). La formación de conceptos: una comparación entre los enfoques cognitivista y histórico-cultural. *Edu. Pesq.*, 41 (3), 615-628.

Subramanian, R. & Marsic, I. (2001). ViBE: Virtual Biology Experiments. In: *Tenth International World Wide Web Conference*. Disponível em: <<http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/Publications/www10/>>.

Tomaz Jr., O. P. & Klein, T. A. S. (2003). Concepções sobre Biologia Celular de alunos de Ensino Médio da cidade de Londrina, PR. *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, São Paulo. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL106.pdf>>.

2.5 MANUSCRITO 3 – USO DE MEDIAÇÃO E LABORATÓRIO VIRTUAL NO ENSINO DA BIOLOGIA CELULAR

Aline Jaime Leal²⁴

Aline Picoli Souza²⁵

Lenira Maria Nunes Sepel²⁶

Resumo

A inserção das tecnologias da informação e comunicação no contexto escolar é importante, pois favorece estratégias pedagógicas inovadoras e significativas, nas quais alunos podem construir o seu próprio conhecimento. Neste trabalho, utilizamos o Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) e elementos mediadores como: mapas mentais, aulas práticas, modelos didáticos e argumentação em três turmas (A, B e C) do Ensino Médio Integrado. A turma A fez uso do LVBC e laboratório presencial (LP) sem ter aulas teóricas tradicionais; na B, ocorreu o uso intercalado de aulas tradicionais com o LVBC e LP e, a C, estudou todo o conteúdo por meio de aulas tradicionais para depois utilizar o LVBC e LP. As turmas apresentaram desempenho semelhante na maioria das atividades propostas, demonstrando a eficiência das três metodologias analisadas na aprendizagem dos alunos. O uso de mapas mentais foi eficiente tanto para introdução do conteúdo disponível no LVBC, como para revisão deste. Os alunos apresentaram maiores dificuldades nas questões discursivas do que nas objetivas durante as avaliações, havendo problemas em expressar suas ideias de forma organizada, clara, objetiva e elaborada. Portanto, existe a necessidade de atividades que desenvolvam a capacidade argumentativa dos alunos. Os alunos foram criativos na confecção dos modelos didáticos e de vídeo das organelas, seguindo a proporcionalidade previamente estabelecida e fidedignidade quanto à morfologia.

Palavras-Chave: Tecnologias da informação e comunicação (TIC); Nuvem de palavras; Aulas práticas; Argumentação; Modelos didáticos.

Abstract

The insertion of information and communication technologies in the school context is important because it favors innovative and meaningful pedagogical strategies in which students can build their own knowledge. In this work, we used the Virtual Laboratory of Cell Biology (LVBC) and mediating elements such as: mental maps, practical activities, didactic models and argumentation in three classes (A, B and C) of Integrated High School. Class A made use of LVBC and hand-on laboratory (LP) without taking traditional theoretical classes; in B, there was the intercalation of traditional classes with LVBC and LP and C studied all the content through traditional classes to later use LVBC and LP. The classes presented similar

²⁴ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Professora de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), câmpus Bagé.

²⁵ Graduada em Matemática pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Mestra em Ensino de Física pelo Centro Universitário Franciscano. Professora de Matemática do IFSul, câmpus Bagé.

²⁶ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde pela Universidade Federal de Santa Maria. Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Maria.

performance in most of the proposed activities, demonstrating the efficiency of the three methodologies analyzed in student learning. The use of mental maps was efficient both for the introduction of the content available in LVBC and for its revision. The students presented greater difficulties in the discursive questions than in the objective ones during the evaluations, having problems in expressing their ideas in an organized, clear, objective and elaborated way. Therefore, there is a need for activities that develop the students' argumentative capacity. The students were creative in the creation of didactic and video models of the organelles, following the previously established proportionality and trustworthiness regarding morphology.

Keywords: Information and communication technologies (ICT); Word cloud; Practical activities; Argumentation; Didactic models.

INTRODUÇÃO

Atualmente, vivemos rodeados por dispositivos digitais como o computador, o celular, entre outros; até mesmo, pela televisão, conseguimos ter acesso à Internet, ou seja, dispomos de grande quantidade de informações a todo o momento. Neste cenário, o papel da escola não é mais fornecer informações para os seus alunos, mas torná-los capazes de transformar essas informações em conhecimento e capacitá-los para aprender a aprender em um mundo de constantes mudanças, principalmente tecnológicas (Laister e Koubek, 2001; Coll e Monereo, 2010; Coutinho e Lisbôa, 2011).

Desta forma, a inserção das tecnologias da informação e comunicação (TIC) no contexto escolar pode contribuir para o uso de estratégias pedagógicas inovadoras e significativas, rompendo paradigmas e oportunizando aos alunos construir o seu próprio conhecimento (Coutinho e Lisbôa, 2011; Locatelli et al., 2015). Neste trabalho, desenvolvemos o Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) para complementar o processo de ensino e aprendizagem das células no Ensino Médio. O LVBC é um sistema web, no qual estão disponíveis objetos de aprendizagem diversificados, dinâmicos e interativos como animação, simuladores, glossário, imagens e vídeos.

São considerados objetos de aprendizagem conteúdos educativos produzidos em pequenas unidades, que podem ser reutilizados em vários contextos, de acordo com os objetivos de aprendizagem (Wiley, 2000; Morales e Aguëra, 2002). Além disso, os objetos de aprendizagem geralmente são entidades digitais entregues pela Internet, havendo número ilimitado de usuários, os quais podem acessá-los simultaneamente (Wiley, 2000).

O LVBC foi desenvolvido sob uma perspectiva construtivista, de acordo com os pensamentos de Jean Piaget e Lev Semenovitch Vygostsky (Kohen, 2003; Mondin e Dias, 2013), apresentando as seguintes características: alunos ativos no seu processo de

aprendizagem, atividades didáticas centradas no aluno; correção das atividades como momento de aprendizagem; ênfase no trabalho em grupo; interação entre alunos e professores por meio da rede social *Facebook* e autonomia dos alunos na construção do seu conhecimento.

Neste estudo, verificamos a influência do LVBC sobre a aprendizagem dos alunos, utilizando-o de maneira combinada com laboratório presencial (LP) ou/e aulas teóricas tradicionais em três turmas do Ensino Médio Integrado. A aplicação do LVBC foi mediada pelo uso de mapas mentais, nuvem de palavras, argumentação, modelos didáticos e aulas práticas.

MEDIAÇÃO

Para Vygotsky, a relação do homem com o mundo físico e social ocorre por meio da mediação, ou seja, há um elemento intermediário, que pode ser um instrumento ou signo, capaz de tornar essas relações mais complexas (Miranda, 2005). O uso dos instrumentos possibilita a transformação da realidade, e a utilização dos signos organiza e desenvolve as funções psicológicas superiores (memória e atenção voluntárias, raciocínio, abstração, representação, entre outras) (Gehlen e Delizoicov 2012). No contexto escolar, o uso da mediação pelo professor, durante as atividades didáticas, pode melhorar a atenção e memória dos alunos, pois os elementos mediadores auxiliam na retomada e na lembrança de conteúdos específicos (Miranda, 2005).

A linguagem é o principal sistema de signos da humanidade, sendo um produto histórico, cultural e social fundamental para o desenvolvimento do pensamento, dos processos intelectuais superiores, nos quais se encontra a capacidade de formação de conceitos (Cavalcanti, 2005). Neste trabalho, utilizamos três recursos que possibilitam representações distintas da linguagem, que são os mapas mentais, a nuvem de palavras e a argumentação (Figura 1). Também utilizamos instrumentos importantes para a compreensão da estrutura celular, o microscópio óptico, para visualização de células reais, e os modelos didáticos tridimensionais, para representação da célula de forma aumentada e detalhada (Figura 1).

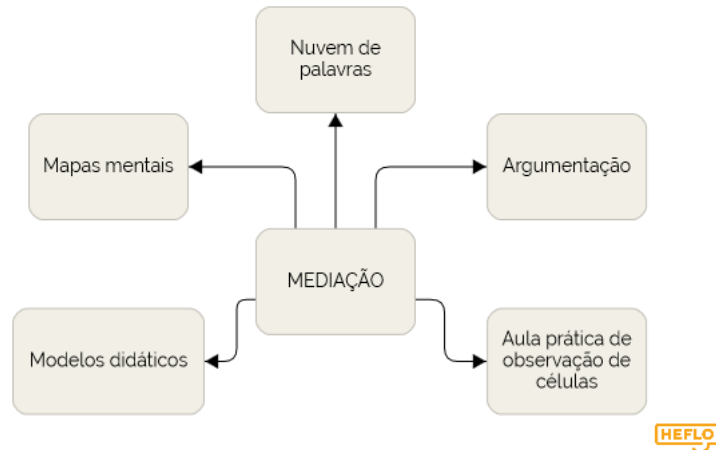


Figura 1 - Diagrama dos elementos mediadores utilizados durante o uso do Laboratório Virtual de Biologia Celular. Autoria própria.

APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DE BIOLOGIA CELULAR NO LVBC

O material teórico de Biologia Celular foi organizado, no LVBC, a partir do desenho dos três tipos celulares, com áreas clicáveis (círculos verdes) para obtenção de informação sobre as organelas. Dessa forma, o usuário visualiza a página dividida em duas, em uma parte era exibida a célula selecionada ampliada e, na outra, imagens mais detalhadas de microscopia eletrônica e informações sobre a estrutura celular selecionada, que respondem as seguintes questões: a) o que são?, b) do que são formados?, c) para que servem? (Figura 2). Além disso, podiam conter observações adicionais e *hiperlinks* para vídeos.

CÉLULA PROCARIÓTICA OU PROCARIOTE

Parede celular

Parede celular
Membrana plasmática

0,25 µm
EM Unit Rhodes U

Imagem 3. Bactéria vista ao microscópio eletrônico com destaque para a parede celular e membrana plasmática.
Fonte da imagem 3: <https://www.ru.ac.za/emu/prokaryoticcells-bacteria/> (traduzida).

O que é? A parede célula é uma estrutura espessa, complexa, semirígida e relativamente permeável que circunda externamente a membrana plasmática das células procarióticas.

Do que é composta? Quase todas as bactérias possuem paredes celulares contendo **peptidoglicano** (um polímero de aminoácidos e açúcares). As paredes celulares das arqueobactérias são de diferentes tipos, porém a maioria contém quantidades significativas de proteínas. Um grupo de arqueobactérias possui **pseudopeptidoglicano** na parede celular, o qual difere do peptidoglicano, com relação ao tipo de monômeros que o compõem e como estão ligados entre si. As bactérias podem ser divididas em dois grupos principais com relação à composição da parede celular: as **gram-negativas** e as **gram-positivas**, as quais são facilmente diferenciadas pela **coloração de Gram** (imagem 4). As bactérias gram-negativas apresentam uma fina camada de peptidoglicano e, externamente, há uma **membrana externa**, que difere da composição química da membrana plasmática. Entre as membranas

Outras estruturas presentes na célula procariote

Figura 2 - Página da célula procariote com ênfase na parede celular representada pela coloração marrom. As palavras em vermelho e negrito são definidas no próprio texto. As palavras sublinhadas possuem *link* para o glossário. Autoria própria.

Dessa forma, pretendemos apresentar o conteúdo Biologia Celular de forma diferenciada da encontrada nos livros didáticos, nos quais a célula é dividida e estudada de forma desintegrada e estática, sendo trabalhada a partir de unidades organizacionais, voltando-se para a memorização dessas estruturas (Richter e Hermel, 2016). No LVBC, o conteúdo é organizado de uma forma integrada, na qual o aluno não perde a noção do todo, ao ter a referência da célula e detalhes da estrutura celular selecionada, podendo relacionar com maior facilidade as partes que compõem a célula. Os vídeos têm papel primordial para a compreensão da célula e dos fenômenos celulares de forma dinâmica e funcional, o que não pode ser visualizado com o uso de outros recursos pedagógicos, como o livro didático, o quadro e o giz.

Outro diferencial deste trabalho é a abordagem do conteúdo teórico, na qual não há distinção na apresentação e na especificação dos três tipos de células; diferentemente dos livros didáticos, que dão ênfase para a célula eucarionte animal, generalizando alguns processos, como o transporte pela membrana plasmática, que não ocorre da mesma forma nas demais células. Portanto, para conseguirmos abordar com o mesmo nível de detalhamento os três tipos de células, utilizamos como referências bibliográficas livros do Ensino Superior (Madigan et al., 2010; Taiz e Zeiger, 2013; Tortora et al., 2012) e artigos científicos, realizando as necessárias transposições didáticas para adaptação ao Ensino Médio, uma vez que a célula procarionte e a eucarionte vegetal são tratadas de forma superficial nos livros didáticos pesquisados (Amabis e Martho, 2004, 2006, 2013; Linhares e Gewandsznajder, 2011; Lopes e Rosso, 2010^a, 2010^b).

Todo o texto contém palavras usuais da Biologia de difícil compreensão e memorização pelos alunos, assim, foi produzido um glossário com explicação dos termos científicos. De modo que, no decorrer do texto, é possível observarmos palavras sublinhadas com *link* para o glossário (Figura 2).

Para que os alunos avaliassem o seu conhecimento sobre Citologia, criamos a tabela interativa (Figura 3), a qual contém lacunas em branco para serem preenchidas e dispõe das seguintes informações: nome das estruturas celulares, sua função, imagem e em que tipos de células são encontradas. As sugestões de respostas, encontradas ao lado da janela principal, devem ser utilizadas para o preenchimento da tabela (Figura 3). Após ser totalmente preenchida, o sistema realiza a correção da tabela interativa, ficando na cor verde as lacunas com as respostas corretas e, em vermelho, as erradas.

Não se esqueça de inserir os caracteres especiais. (Ex.: acentos, 'ç' e outros).

Estrutura	Função	Imagem	Tipo de célula onde é encontrada
Ribossomos	complete		complete
complete	Respiração Celular		Eucariontes animal e vegetal
Nucleoide	Comanda o funcionamento da célula	número da imagem	complete
Cloroplasto	complete		complete
complete			

Comanda as atividades da célula	Todas	Nº: 4	Mitocôndria
Eucariontes animal e vegetal	Eucarionte vegetal	Digestão celular	Procarionte
Síntese de proteínas	Nº: 1	Todas	Fotossíntese
Nº: 5	Centríolos	Nº: 2	Nº: 3
Eucariontes animal e vegetal	Complexo Golgiense	Eucariontes animal e vegetal	Núcleo

Figura 3 - Página principal da tabela interativa e janela com as sugestões de respostas. Autoria própria.

Foram disponibilizadas também três aulas práticas sobre o conteúdo de Biologia Celular no LVBC, as quais serão descritas a seguir.

Aula prática 1: Construção de argumentos para explicar a classificação de imagens de seres vivos vistas ao microscópio ou estereoscópio

Nessa aula prática, foram disponibilizadas imagens de seres vivos, vistos ao microscópio ou estereoscópio, organizadas em quatro grupos A, B, C e D (Figura 4), conforme características semelhantes, como tipo e número de células, além da classificação em reinos.

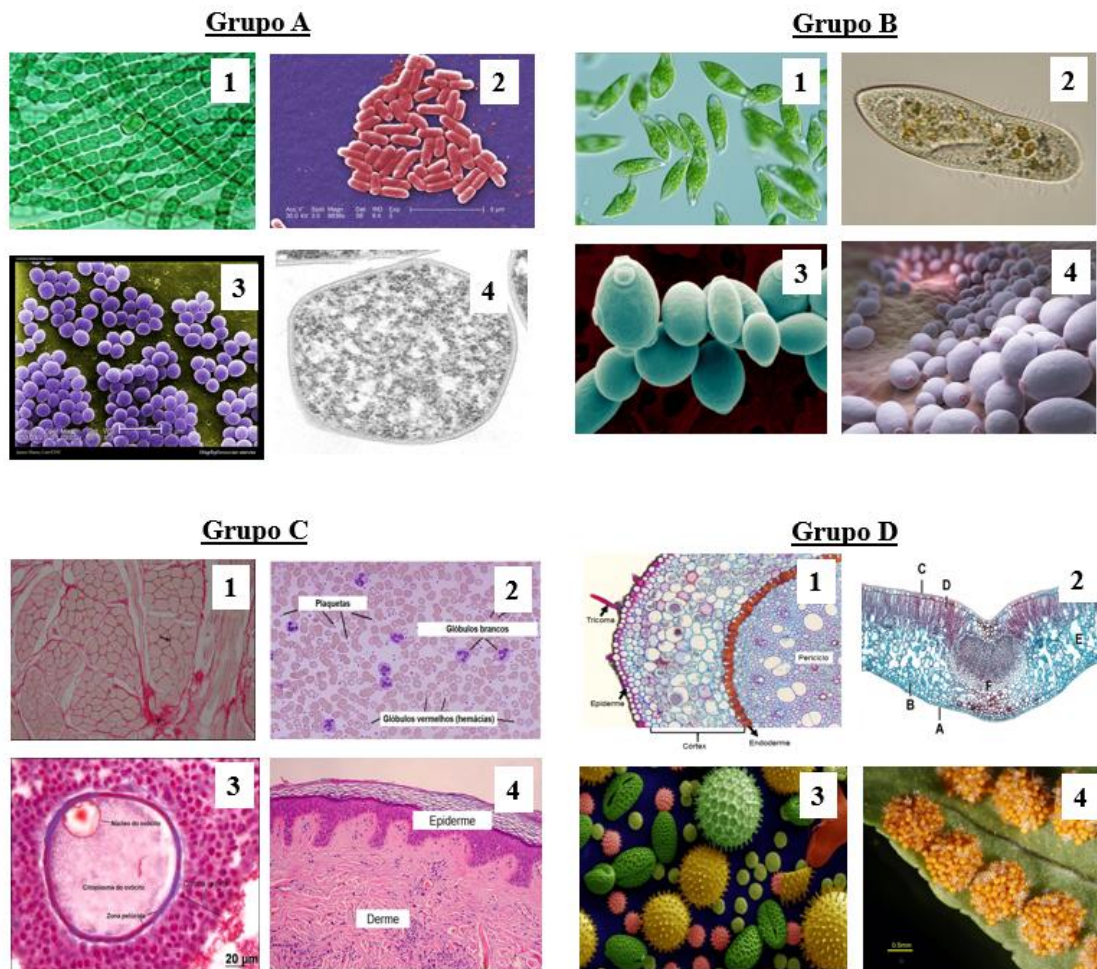


Figura 4 - Imagem²⁷ de seres vivos vistas ao microscópio ou estereoscópio reunidas em quatro grupos Grupo A: 1. *Anabaena* sp.; 2. *Escherichia coli*; 3. *Staphylococcus aureus*; 4. *Sulfolobus solfataricus*. Grupo B: 1. *Euglena viridis*; 2. *Paramecium* sp.; 3. *Saccharomyces cerevisiae*; 4. *Candida albicans*. Grupo C: 1. Língua; 2. Sangue; 3. Ovócito; 4. Pele. Grupo D: 1. Raiz de monocotiledônea; 2. Folha de eudicotiledônea; 3. Grãos-de-pólen; 4. Soros de samambaia.

Os alunos, primeiramente, precisaram realizar pesquisa na Internet sobre os seres vivos observados na figura 4. Com base nos dados coletados, foram capazes de criar argumentos para explicar as semelhanças encontradas entre as lâminas presentes no mesmo grupo, bem como as diferenças existentes entre os grupos A, B, C e D. Os argumentos foram escritos diretamente no LVBC, de forma a completar uma tabela, na qual constam quais grupos devem ser comparados em cada linha.

²⁷ Todas as imagens foram retiradas do Google utilizando como palavra-chave o nome científico do referente ser vivo.

O trabalho foi realizado em grupo de forma presencial e a correção ocorreu por meio de parecer elaborado pela pesquisadora, ficando disponível para os alunos. Por meio dessa atividade, além do estudo dos diferentes tipos celulares, também foi possível fazer uma ligação com outros conteúdos, como a classificação biológica.

Aula prática 2: Produção e montagem cooperativa de maquetes de células procarionte e eucariontes relacionando a Matemática e a Biologia

Nessa aula prática, foi proposta uma atividade interdisciplinar, com o objetivo de produzir e de montar, de maneira cooperativa, maquetes de células procarionte, eucariontes animal e vegetal com base em características geométricas, morfológicas e fisiológicas.

Utilizamos como modelos de células a bactéria *Staphylococcus aureus* (procarionte), célula de pele humana (eucarionte animal) e de cebola (eucarionte vegetal). Cada turma ficou responsável por confeccionar estruturas celulares para preencher as três maquetes ilustradas na figura 5. Para isso, foram utilizadas esferas de isopor para compor o núcleo, peroxissomos e lisossomos; barbantes para produção dos cromossomos; arame para representar o citoesqueleto e massa de modelar para as demais estruturas e organelas.



Figura 5 - Maquete de célula epitelial (cubo), de célula de cebola (paralelepípedo), da bactéria *Staphylococcus aureus* (esfera). O citoplasma está representado pela coloração rosa, a membrana plasmática aparece em preto, a parede celular da célula vegetal e da bactéria, possuem a coloração verde e vermelha, respectivamente. Fotos de autoria própria.

Os alunos necessitaram realizar uma revisão sobre o conteúdo de Geometria com a professora de Matemática, para poderem calcular o volume total das três maquetes de células (Figura 5). Após, foram divididos em grupos, cada um ficando responsável por confeccionar uma determinada organela/estrutura celular. Há uma tabela disponível, no LVBC, com a porcentagem do volume ocupado pelas organelas/estruturas celular em relação ao volume total da célula, sendo todos menores que do núcleo.

Os grupos que utilizaram esferas de isopor precisaram calcular o volume ocupado por elas, medindo seu raio e, posteriormente, contabilizaram a porcentagem do volume total. Os grupos responsáveis pelo nucleóide deveriam calcular o volume ocupado e, depois, moldar o barbante no formato de esfera, até chegar ao volume desejado. O DNA das células eucariontes foi produzido na forma de cromossomos, desconsiderando-se seu volume; assim como o do nucléolo.

A massa de modelar foi usada para a produção das demais organelas/estruturas, sendo modelada em formas mais básicas, como: cubo, paralelepípedo e esfera; a fim de se atingir o volume calculado. Posteriormente, os alunos modelaram a massa, conforme a morfologia da organela/estrutura, uma vez que o volume ocupado se mantém o mesmo.

Além disso, cada grupo concluiu seu trabalho produzindo um vídeo, apresentando a morfologia e a fisiologia da estrutura ou da organela confeccionada. No término da atividade, ocorreu exposição das maquetes para a comunidade escolar.

Aula prática 3: Observação do processo de osmose em células humana e vegetais

A terceira aula prática tratou da observação do processo de osmose em células humanas e vegetais. As células humanas foram representadas por hemácias e essas visualizadas em meios hipotônico (água destilada), isotônico (água da torneira) e hipertônico (água com sal); com aumento de 400 vezes, sendo realizadas imagens e vídeos por meio de câmera acoplada ao microscópio óptico. A observação das hemácias pelos alunos foi realizada apenas no laboratório virtual, diferentemente das células vegetais que também foram vistas de forma presencial.

Posterior à observação das hemácias, os alunos assistiram ao vídeo Pontociência - Osmose e Plasmólise²⁸, no qual foram exibidas células de cebola roxa e de elódea em meio hipertônico, até ocorrer a retração do citoplasma das mesmas (plasmólise). Em seguida, foram conduzidos para o laboratório presencial, no qual foram montadas lâminas de cebola roxa nos meios hipotônico (água destilada), isotônico (água de torneira) e hipertônico (água e sal) e observadas ao microscópio óptico com aumento de 100x.

Os conhecimentos dos alunos sobre osmose foram avaliados por meio de cinco questões objetivas e contextualizadas, além de três questões discursivas, que foram respondidas após o uso do simulador Transportes Passivos de Membrana²⁹, desenvolvido pela Rede Interativa

²⁸ O vídeo Pontociência - Osmose e Plasmólise está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LDIkA4Qr0CI>.

²⁹ O simulador Transportes Passivos de Membrana está disponível no link: http://rived.mec.gov.br/atividades/biologia/transporte_passivo_membrana_plasmatica/.

Virtual de Educação (Figura 6). As questões discursivas foram corrigidas por parecer da pesquisadora, que ficou registrado no LVBC para visualização pelos alunos.

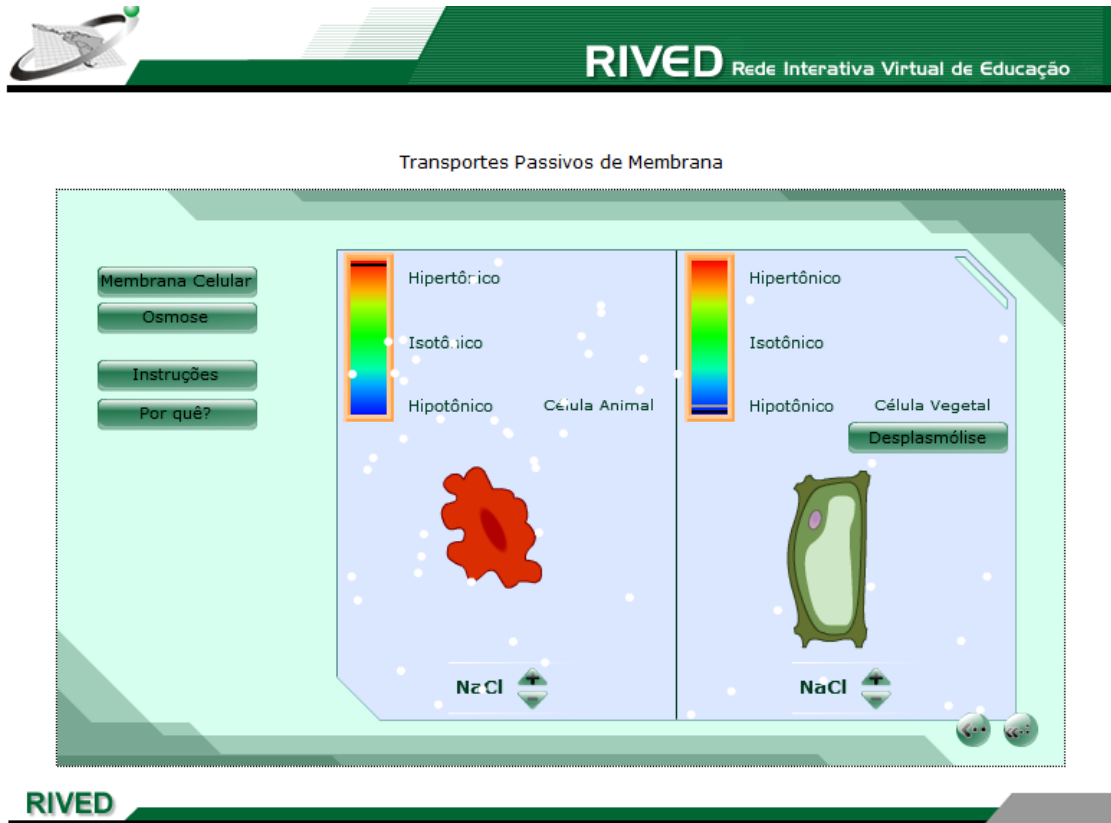


Figura 6 - Página utilizada do Simulador Transportes Passivos de Membrana na aula prática 3

METODOLOGIA

O LVBC foi aplicado em três turmas do Ensino Médio Integrado, sendo a turma A do primeiro semestre do curso de Informática e as turmas B e C do primeiro e quarto semestres do curso de Agropecuária, respectivamente. A turma A utilizou somente o LVBC e o laboratório presencial (LP), não tendo aulas teóricas tradicionais. Na turma B, os alunos tiveram aulas teóricas tradicionais intercaladas com o uso do LVBC e LP. Já na turma C, os alunos estudaram todo o conteúdo por meio de aulas tradicionais e depois utilizaram o LVBC e LP (Figura 7). As aulas teóricas tradicionais foram ministradas pelo professor regente e a prova elaborada pelo mesmo (Figura 7). O LVBC foi aplicado sob orientação da pesquisadora com auxílio do professor regente.

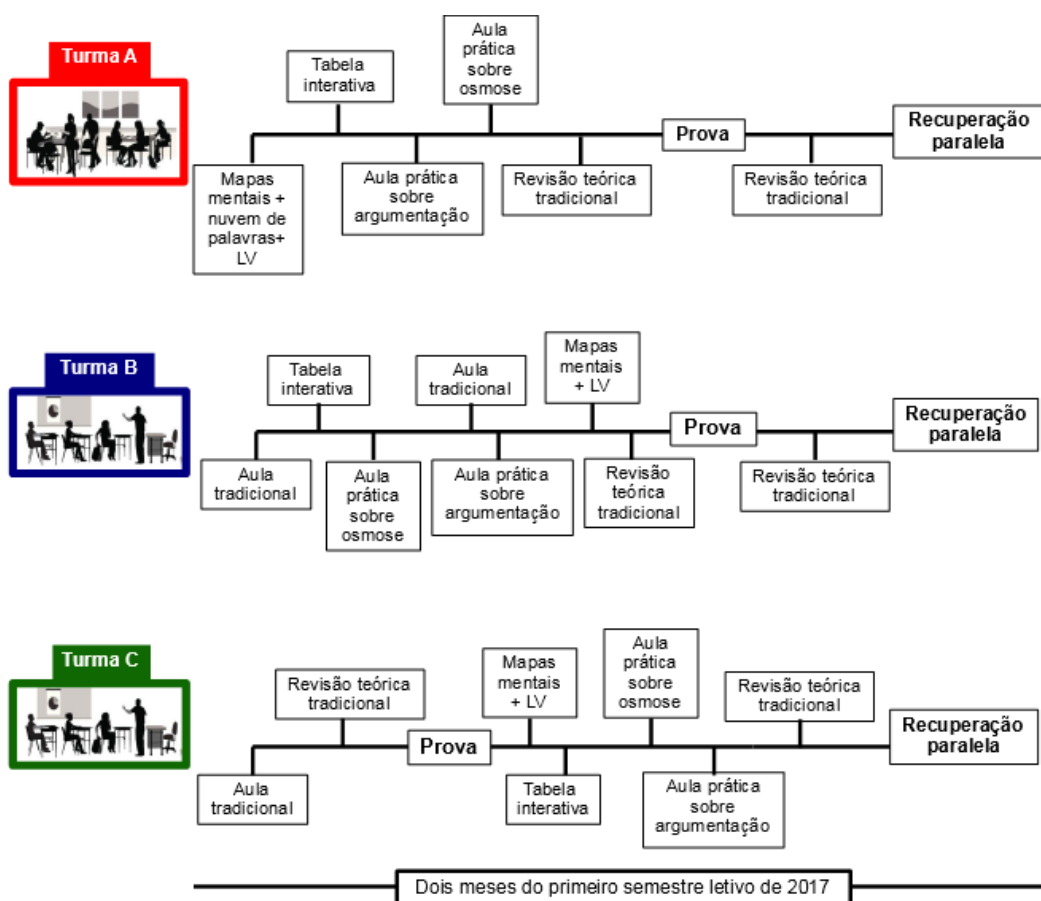


Figura 7 - Esquema da aplicação do Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) nas turmas A, B e C. LP: laboratório presencial; aula tradicional: aula expositiva e dialogada. Autoria própria.

Para o estudo teórico das células, os alunos da turma A realizaram uma busca no LVBC por informações, de forma orientada, a fim de preencherem os mapas mentais disponibilizados previamente. Os mapas mentais foram criados na ferramenta *GoConqr*³⁰, sendo o da célula procarionte e o da eucarionte animal entregues para os alunos completarem os espaços em branco (Figuras 8 e 9). Já no mapa mental da célula eucarionte vegetal, os alunos tiveram a liberdade de formular os ramos, assim, fornecemos apenas a imagem da célula e as ramificações com os compartimentos e estruturas maiores na célula, como a membrana plasmática, o citoplasma, o núcleo e a parede celular. Os alunos das turmas B e C estudaram o conteúdo teórico por meio de aulas tradicionais expositivas e dialogadas, utilizando os mapas com auxílio do LVBC, posteriormente, para revisão do conteúdo.

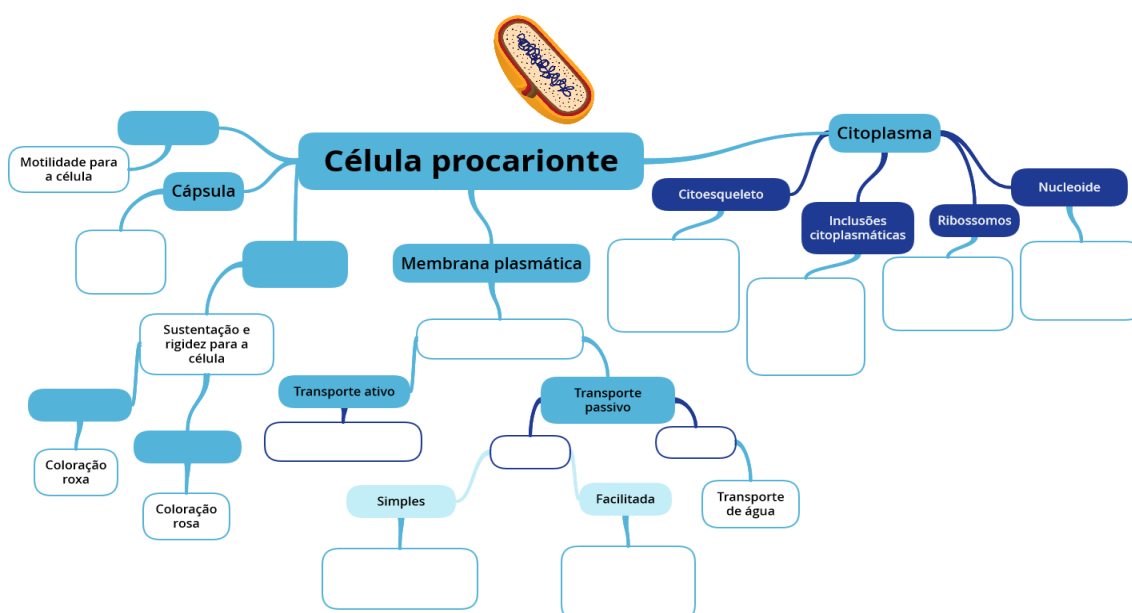


Figura 8 - Mapa mental da célula procarionte criado na ferramenta *GoConqr*. Autoria própria.

³⁰ A ferramenta *GoConqr* está disponível em: https://www.goconqr.com/pt/users/sign_up/.

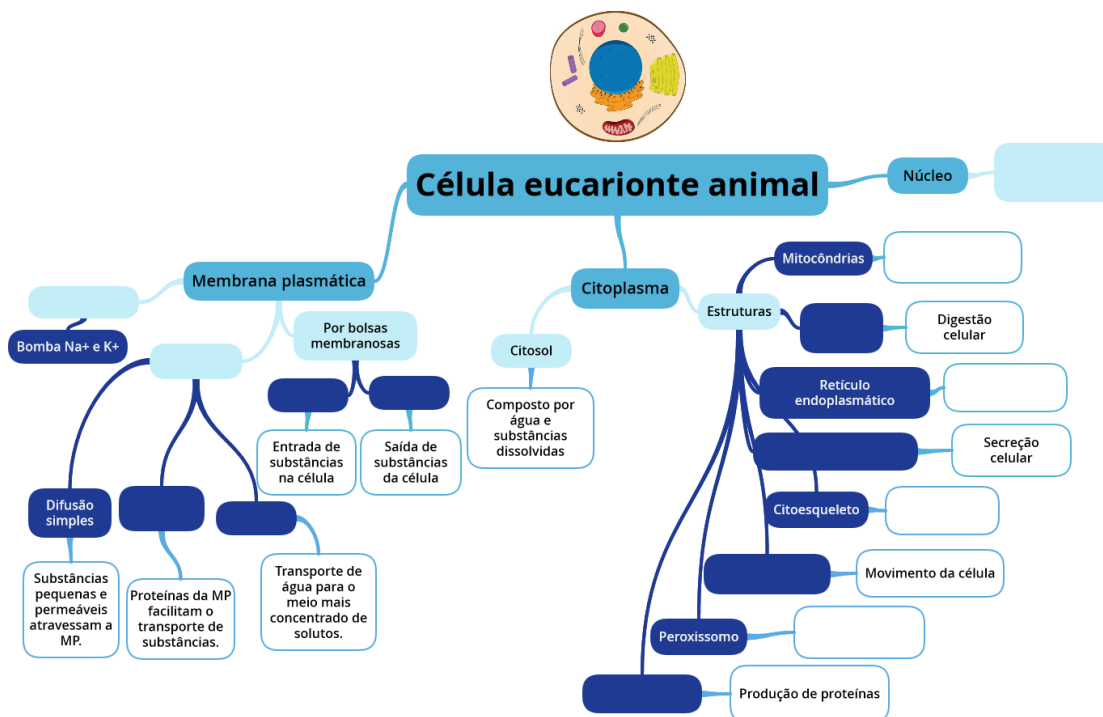


Figura 9 - Mapa mental da célula eucarionte animal criado na ferramenta *GoConqr*. Autoria própria.

Os alunos da turma A também produziram nuvens de palavras, utilizando a ferramenta Wordclouds³¹. Para isso, foi realizado um sorteio, no qual cada aluno retirou um papel com o nome de uma estrutura ou organela celular. Posteriormente, cada aluno realizou uma pesquisa sobre a estrutura ou organela sorteada no LVBC e produziu a nuvem de palavras, selecionando as que considerou mais importantes. A explicação do conteúdo teórico para a turma A ocorreu durante a correção dos mapas mentais e das nuvens de palavras.

Após, o conhecimento dos alunos sobre Biologia Celular foi avaliado por meio da tabela interativa (Figura 3), que teve peso um na nota do semestre e ficou disponível para estudo mesmo depois de ser corrigida pelo sistema. As aulas práticas 1 e 3 foram realizadas em momentos diferentes nas três turmas (Figura 7) e corresponderam a meio ponto cada uma, a aula prática 2 ocorreu durante todo o primeiro semestre letivo de 2017, por isso não a exibimos na figura 7, teve valor de um ponto.

Antes da realização da prova (valendo três pontos) e da recuperação paralela, realizamos uma revisão teórica de todo o conteúdo da mesma maneira para as três turmas. A recuperação paralela não se deteve apenas ao material teórico, foi realizada também para a tabela interativa e para as aulas práticas ao final do semestre.

³¹ A ferramenta Wordclouds está disponível em: <https://www.wordclouds.com/>.

O conteúdo tipos celulares correspondeu a 60% da nota do semestre, ou seja, valor seis, sendo metade proveniente das atividades envolvendo o LVBC e outra metade da prova.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mapas mentais são o reflexo dos processos e das capacidades de pensamentos naturais e imagéticos do cérebro, ou seja, imagens com redes de associações (Buzan, 2005). Na criação dos mapas mentais, reproduzimos o mesmo método que a nossa mente usa para processar informações: múltiplas ideias interligadas, aliadas ao uso de formas gráficas contextuais, cores e imagens (Marques, 2008). Neste trabalho, os mapas mentais foram o elemento mediador para o estudo da parte teórica do conteúdo tipos de células no LVBC.

Para correção dos mapas mentais das células procarionte e eucarionte animal, consideramos o número de acertos de cada aluno no preenchimento das lacunas em branco, após realizamos a média de cada turma, expondo-as como porcentagem no quadro 1. Desse modo, observamos que não houve diferença significativa entre as turmas, porém, analisando o coeficiente de variação (razão do desvio padrão pela média), verificamos maior heterogeneidade na turma A e homogeneidade na turma B no preenchimento dos mapas mentais. O maior coeficiente de variação da turma A se deve ao fato de ter usado os mapas mentais como orientação para o estudo do conteúdo teórico presente no LVBC, diferentemente das turmas B e C que já haviam visto o conteúdo nas aulas tradicionais e utilizaram os mapas apenas como uma revisão.

Como o mapa mental da célula eucarionte vegetal foi uma atividade livre, não havia um gabarito esperado, assim contabilizamos quantas ramificações corretas foram criadas pelos alunos, sendo expressas no quadro 1 em unidades. Verificamos que não houve diferença entre as turmas na análise estatística (quadro 1), e também observamos que esse foi o mapa mental com maior heterogeneidade entre os alunos das três turmas, o que está relacionado à natureza criativa da atividade (Figura 10).

Quadro 1. Análise estatística dos resultados referentes aos mapas mentais de células procarionte e eucariontes animal e vegetal

Atividades	Tipo de célula	Turma A		Turma B		Turma C	
		Média	C. V. (%)	Média	C. V. (%)	Média	C. V. (%)
Mapas mentais	Procarionte	83,67 A	24,97	89,77 A	8,92	83,67 A	12,78
	Animal	92,42 A	13,41	97,14 A	4,64	96,36 A	4,12
	Vegetal	19,95 A	42,38	17,38 A	40,49	20,62 A	41,48

C. V: coeficiente de variação (razão entre o desvio padrão e a média). Letras idênticas na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey. Autoria própria.

Analisando os resultados, podemos inferir que o uso de mapas mentais é uma metodologia eficiente, tanto para a introdução de um conteúdo, como para sua revisão. No primeiro caso, servem como guia, ao destacar os aspectos mais relevantes do conteúdo, já, no segundo, os alunos representam o conteúdo estudado de forma sintética e estruturada, aumentando a sua produtividade, criatividade e objetividade pessoal (Marques, 2008; Keles, 2012). Uma característica extremamente relevante dos mapas mentais, presente nesses dois casos, é a possibilidade de o aluno visualizar a parte no todo e o todo na parte (Buzan, 2009), o que facilita a compreensão do conteúdo e, conseqüentemente, melhora sua aprendizagem.

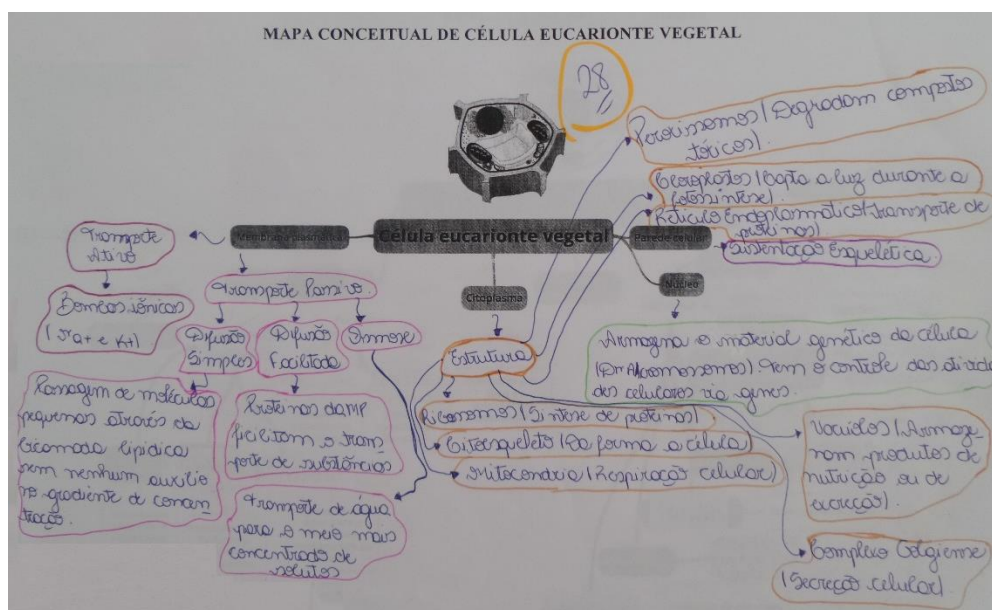


Figura 10 - Mapa mental de célula eucarionte vegetal preenchida por aluna com produção de 28 ramificações.

A turma A, além dos mapas mentais, também produziu nuvem de palavras sobre estruturas ou organelas celulares. O objetivo desta atividade era aprofundar o conhecimento de determinada estrutura, visto que esta seria mencionada com superficialidade nos mapas mentais, todavia o resultado não foi este. Os alunos selecionaram termos aleatórios ou muito amplos, na maioria dos casos, não apresentando informações diferentes das encontradas nos mapas mentais. As turmas B e C não utilizaram esta ferramenta pelo pouco tempo e por haver sobreposição de resultados com os mapas mentais.

As turmas A e C obtiveram maior desempenho ao completar a tabela interativa; a turma B, além de obter menor média, também foi a que exibiu maior coeficiente de variação, ou seja, apresentou maior heterogeneidade na aprendizagem dos alunos para essa atividade. Verificamos uma queda no desempenho dos alunos da atividade com mapas mentais (Quadro 1) para a da tabela interativa (Quadro 2), mesmo as duas possuindo o mesmo princípio de preenchimento de lacunas em branco. Essa diferença pode ser atribuída ao fato dos mapas mentais terem sido produzidos com consulta ao LVBC e em grupo, já a tabela interativa foi uma atividade individual e sem busca por informações, necessitando que os alunos efetuassem um estudo prévio sobre as células procarionte e eucariontes.

Quadro 2 - Análise estatística dos resultados referentes à tabela interativa, às aulas práticas de 1 a 3 e à prova das turmas A, B e C

Atividades	Turma A		Turma B		Turma C	
	Média (%)	C. V. (%)	Média (%)	C. V. (%)	Média (%)	C. V. (%)
Tabela interativa	72,39 A	30,05	56,85 B	47,39	76,57 A	29,88
Aula prática 1	61,22 A	36,39	62,70 A	45,16	61,86 A	32,29
Aula prática 2	79,64 A	19,77	78,75 A	31,93	85,00 A	12,01
Aula prática 3	64,31 B	26,77	74,79 AB	25,9	79,49 A	24,47
Prova	73,05 A	23,57	63,02 A	34,87	70,88 A	24,27

C. V: coeficiente de variação (razão entre o desvio padrão e a média). Letras idênticas na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste Tukey. Todas as notas já contabilizam a recuperação paralela, permanecendo a maior nota. Autoria própria.

As três turmas apresentaram menor desempenho na aula prática 1 do que nas demais atividades (Quadro 2). No início dessa aula, realizamos uma discussão coletiva sobre os grupos de lâminas A, B, C e D, no qual as turmas conseguiram identificar qual(is) reino(s) cada grupo pertence (Figura 4). Porém, mesmo assim, apresentaram dificuldades de pesquisar informações

específicas na Internet, como o número e o tipo de células de cada reino. Dessa forma, orientamos (pesquisadora e pelo professor regente) a pesquisa.

Nossos resultados estão de acordo com o exposto por Coll e Monereo (2010) sobre os nativos digitais, ou seja, pessoas nascidas na Era Digital, as quais possuem habilidades específicas de busca pouco sofisticadas, embora apresentem grande competência ao compartilhar informações, não as transformando em conhecimento necessariamente.

Após encontrarem as informações, a maioria dos alunos escreveu afirmações simples sobre as características dos grupos, não produzindo justificativas elaboradas (Figura 11). Em outros trabalhos (Azevedo, 2009; Lemes, 2013) já foi relatada a dificuldade de alunos do Ensino Médio de criar argumentos, prevalecendo textos puramente informativos.

A proposta inicial da atividade era que os alunos criassem argumentos para justificar o conhecimento científico, ou seja, relacionassem as observações das imagens das lâminas dos grupos A, B, C e D com os dados pesquisados na Internet para chegarem às suas conclusões, seguindo a metodologia descrita por Sasseron e Carvalho (2011).

Aulas Práticas	
	Quais as semelhanças encontradas entre as lâminas dentro de cada grupo?
Grupo A	São bactérias; Procariontes; Possuem nucleóide.
Grupo B	São eucariontes; Unicelulares.
Grupo C	São células eucariontes animal.
Grupo D	São células eucariontes vegetal.
	Quais as diferenças encontradas entre os diferentes grupos?
A x B	O grupo A é composto por células sem núcleo verdadeiro e no grupo B com núcleo verdadeiro.
A e B x D e C	O grupo A e B são unicelulares e o grupo C e D são pluricelulares.
C x D	No grupo C são células eucariontes animal e no grupo D são eucariontes vegetais.

Figura 11 - Página de preenchimento dos argumentos elaborados pelos alunos na aula prática 1.

Uma das principais dificuldades encontradas pelos alunos foi relacionar as imagens com os dados pesquisados, o que ficou evidente pela análise das justificativas para a classificação do grupo B, o qual é composto apenas por seres unicelulares dos Reinos Protista e dos Fungos. Entretanto, os alunos, durante sua busca, verificaram que no grupo dos Fungos também existem seres pluricelulares, dessa forma, alguns esqueceram de confrontar os dados com as imagens e acabaram afirmando que as leveduras são pluricelulares. Outro problema verificado, quanto às

justificativas referentes ao grupo B, foi o fato deste agregar seres de dois reinos, o que não ocorreu nos demais grupos. Desse modo, alguns alunos especificaram apenas o Reino Protista e outros somente o dos Fungos.

Houve também uma associação errônea entre seres procariontes e unicelulares. Se analisarmos as seguintes premissas: todo ser procarionte é unicelular; nem todo ser unicelular é procarionte, ambas são verdadeiras. Contudo, alguns alunos efetuaram o raciocínio inverso, ao pensar que todo ser unicelular é procarionte, e assim se equivocaram ao identificarem o grupo B como procarionte pelo fato de conter seres unicelulares.

Os grupos C e D tiveram suas características identificadas com maior facilidade, provavelmente pelos Reinos Animal e Vegetal estarem mais presentes no cotidiano dos alunos e possuírem tamanho macroscópico. Com relação às diferenças entre os grupos, as respostas dependiam do acerto da primeira parte da tabela (Figura 10). Dessa forma, as diferenças entre os grupos C e D foram as que mais tiveram afirmações corretas. O mais complicado para os alunos foi verificar o que os grupos A e B tinham em comum que era diferente de C e D, que era apenas o número de células (Figura 11).

Na aula prática 2, dividimos a nota, ficando 50% para confecção da maquete e a outra metade para produção do vídeo sobre a estrutura celular de responsabilidade de cada dupla (Quadro 2). O uso de modelos tridimensionais no ensino de Biologia permite que os alunos relacionem com maior facilidade os conhecimentos abstratos e teóricos e possibilita que estes sejam representados de forma concreta (Júnior e Gobora, 2016). Percebemos, assim como na pesquisa realizada por Silva et al. (2016), que a atividade de construção de modelos didáticos despertou a curiosidade e o interesse dos alunos, pois a grande maioria foi participativa e se envolveu na construção das maquetes.

Realizando uma análise dos modelos didáticos, verificamos que a maior parte das organelas apresentou a proporcionalidade adequada em relação ao volume previamente calculado e também possuiu aparência semelhante à da estrutura celular correspondente. Verificamos que os ribossomos apresentaram grande diversidade de tamanho, porém não foi estipulado o volume de cada uma dessas estruturas, mas sim o volume total de massa de modelar para confeccioná-los (Figura 12).

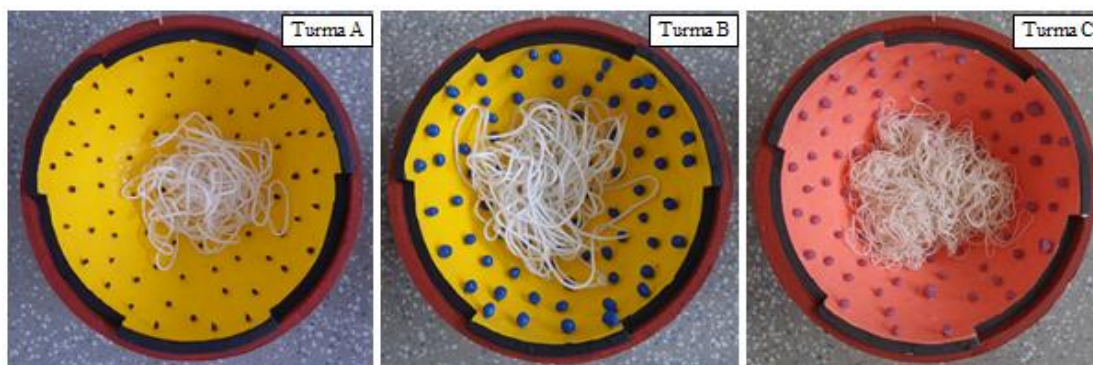


Figura 12 – Maquetes da célula de procarionte da bactéria *Staphylococcus aureus* produzidas pelas turmas A, B e C.

Alguns problemas de proporção e formato foram verificados nas maquetes das células eucariontes; no caso da animal, o complexo golgiense ficou menor e de formato errôneo no modelo da turma A; o retículo endoplasmático confeccionado pela turma B apresentou tamanho reduzido (Figura 13). Na representação da célula eucarionte vegetal, as três turmas tiveram dificuldades na produção do modelo do cloroplasto, o qual ficou pequeno na turma A e plano na turma C, tendo tamanho diferente da mitocôndria em ambos (Figura 14). A dupla responsável por confeccionar o cloroplasto na turma B não realizou a atividade, sendo esta confeccionado pela pesquisadora, o mesmo ocorreu com a mitocôndria da célula animal dessa turma.

O cariótipo das células eucariontes animal e vegetal corresponderam ao número de cromossomos existentes na célula epitelial (23 pares) e de cebola (8 pares) respectivamente e foram produzidos com barbantes, sendo a região do centrômero unida com cola para isopor (Figura 15).

Após um mês aproximadamente da confecção das organelas, com massa de modelar, foi observada a presença de fungos nestas. Então, tentou-se cobrir essas estruturas com cola para isopor, porém esse produto apenas retardou o crescimento dos fungos. O que evitou que a massa de modelar mofasse foi a aplicação de tinta de artesanato sobre os modelos de organelas previamente confeccionados.

Nos vídeos, os alunos apresentaram o modelo que produziram e relataram a morfologia e fisiologia dele. A maioria dos vídeos não conteve erros sobre as estruturas celulares e os alunos foram bem criativos, utilizando música de fundo, traduzindo parte de animação em Língua Inglesa, mostrando imagens detalhadas das células antes de exibirem os modelos criados por eles.

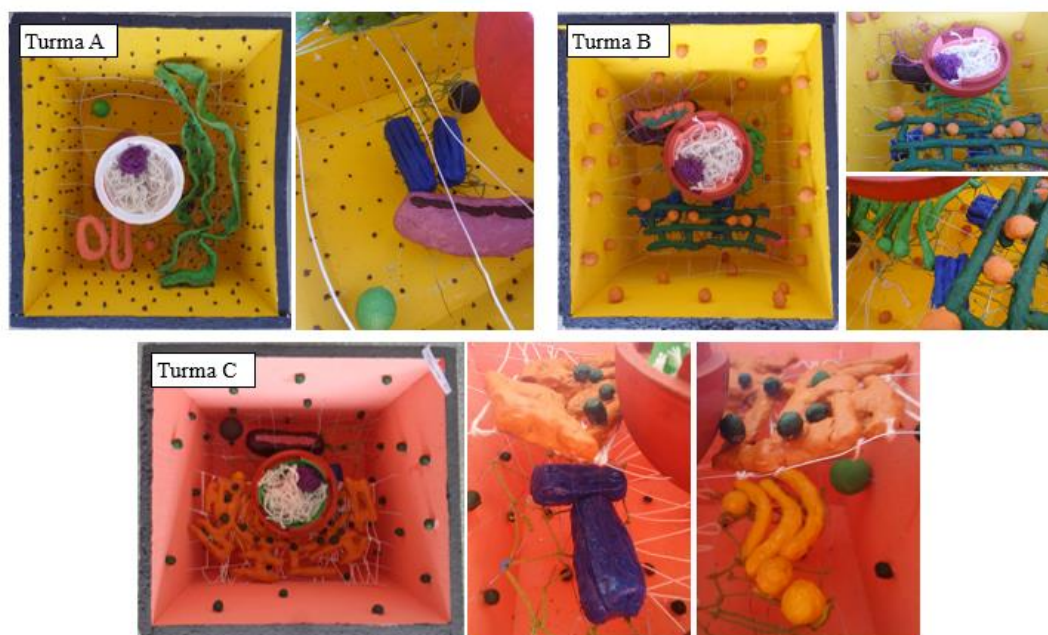


Figura 13 – Maquetes de célula epitelial (eucarionte animal) produzidas pelas turmas A, B e C, com detalhes de vários planos.

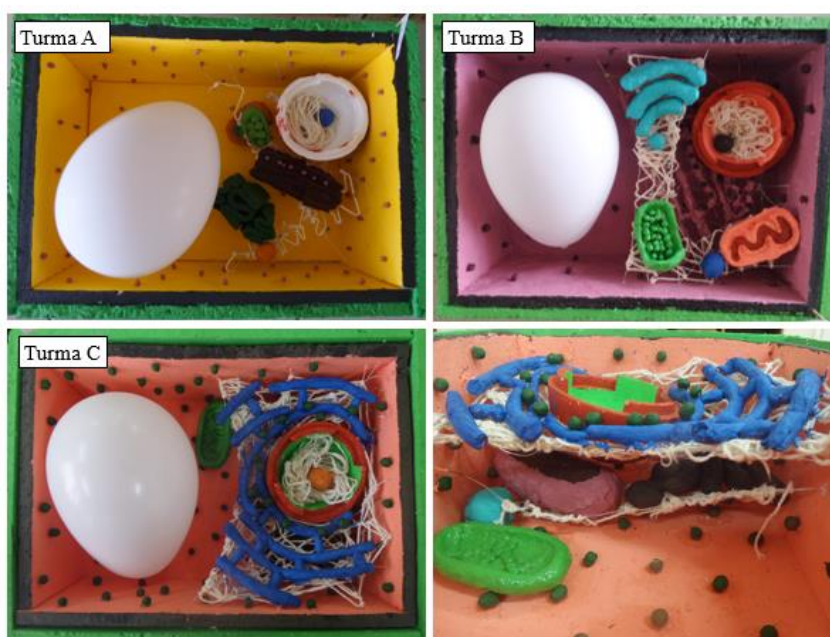


Figura 14 – Maquetes de célula de cebola (eucarionte vegetal) produzidas pelas turmas A, B e C, com detalhe da célula produzida pela turma C.

Na aula prática 3, dividimos a avaliação em questões objetivas e discursivas. Os alunos obtiveram bom desempenho nas questões objetivas de modo geral, contudo tiveram dificuldades nas discursivas, da mesma forma que observamos na aula prática 1.

As questões objetivas tratavam da osmose em diversas situações, como observação de células animais e vegetais ao microscópio e experimentos que envolvam este processo. Já as questões discursivas orientavam o aluno para o uso do simulador Transportes Passivos de Membrana, embora a maioria tenha compreendido o uso e interpretado corretamente os fenômenos observados por meio da manipulação do simulador, teve grande dificuldade de transpor tudo isso de forma articulada na sua escrita. A turma C obteve um desempenho melhor nessa atividade do que as demais.



Figura 15 – Representação dos cariótipos de cebola e de célula epitelial feitos com barbante e do nucléolo com linha roxa.

A recuperação paralela dos trabalhos ocorreu por meio de seis questões discursivas, a primeira, referente à tabela interativa, foi de relacionar a imagem da organela com seu nome, função e em que célula é encontrada. Na segunda questão, o aluno deveria completar uma tabela com número e tipo de células para determinado reino, recuperando a aula prática 1. Nas questões referentes à aula prática 2, ocorreu a identificação de cinco organelas numeradas nas maquetes das três células de cada turma e a descrição de suas funções. A aula sobre osmose (prática 3) correspondeu a questões sobre imagens de elódea em meio hipertônico e de hemácias em meios hipotônico, isotônico e hipertônico. A turma A foi melhor na recuperação dos trabalhos, seguida da B e da C, respectivamente. As porcentagens de acertos por atividade contida no quadro 2 já levam em consideração a recuperação, permanecendo a nota mais alta.

A prova foi elaborada pelo professor regente e conteve 12 questões. Destas, sete foram sobre transporte pela membrana plasmática e, nas outras cinco, os alunos deveriam diferenciar os três tipos celulares (duas questões), identificar determinada organela (uma) ou relacionar

organelas com suas funções na célula (duas). Na maioria das questões, a turma C obteve melhores resultados, seguida da turma A e B, respectivamente. De modo geral, os alunos tiveram maior facilidade de diferir os três tipos celulares do que responder às demais questões, o que pode estar associado à estrutura do LVBC e ao uso da tabela interativa, nos quais são comparadas as células procarionte e eucariontes animal e vegetal.

Os alunos, de modo geral, apresentaram menor desempenho nas questões discursivas (45,5%), que foram cinco, do que nas objetivas (67,5%), sendo compatíveis com os resultados verificados nas aulas práticas 1 e 3. Portanto, percebemos a importância da leitura e da escrita em todos os componentes curriculares, não podendo esta ser restrita apenas às aulas de Língua Portuguesa. No caso das Ciências ou da Biologia, a leitura e interpretação de diferentes formas de linguagem – como texto discursivo, gráficos, tabelas, charges dentre outros – é extremamente importante para o conhecimento científico, desenvolvimento da criticidade e da capacidade de solucionar problemas.

Na recuperação da prova, houve uma distribuição mais homogênea entre os assuntos tratados, sendo cinco questões sobre transporte pela membrana plasmática, cinco referentes à organela e sua função e duas para diferenciar os tipos celulares. Diferente do que foi verificado na prova, os alunos tiveram maior dificuldade em duas questões objetivas da recuperação, com baixíssimo índice de acertos. Na primeira questão, os alunos deveriam marcar a alternativa que completa três lacunas sobre o processo de osmose e, na outra, marcar as organelas que têm sua origem explicada pela Teoria Endossimbiótica. As questões com maior número de acertos foram: uma de relacionar e diferenciar a difusão simples e facilitada, osmose e permeabilidade seletiva, essas comparações foram realizadas nos mapas mentais; e outra para relacionar as organelas com suas funções, atividade realizada no preenchimento dos mapas mentais e tabela interativa.

CONCLUSÕES

O Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) teve efeito semelhante sobre a aprendizagem dos alunos das três turmas (A, B e C), verificamos apenas diferenças pontuais, devido à metodologia de aplicação ou peculiaridades de cada turma.

Dessa forma, o LVBC pode ser usado tanto como material de estudo e realização de atividades, algumas em combinação com o laboratório presencial (LP); como para a revisão do conteúdo visto previamente, por meio de aulas teóricas tradicionais.

O uso de mapas mentais como elementos mediadores para o estudo teórico do LVBC foi eficiente, tanto para introdução do conteúdo, como para a sua revisão e também pode ter contribuído para melhor desempenho dos alunos nas demais avaliações.

O exercício de preenchimento da tabela interativa parece ter auxiliado os alunos a comparar os tipos de células e relacionar as organelas com suas funções na prova e recuperação do conteúdo.

Na aula prática 1 e nas questões discursivas da aula prática 3 e da prova, percebemos que os alunos apresentaram grande dificuldade de expor suas ideias de maneira organizada, clara, objetiva e elaborada. Observamos, assim, a importância de atividades que incentivem o desenvolvimento da escrita no ensino de Ciências, contrapondo avaliações compostas somente por questões objetivas, que visam ao treinamento dos alunos para exames vestibulares e Exame Nacional do Ensino Médio.

Os alunos das três turmas foram criativos na produção dos modelos didáticos das organelas, bem como na criação do vídeo sobre a morfologia e a fisiologia das mesmas, e a maioria seguiu a proporcionalidade previamente definida e apresentou fidedignidade com relação às características de cada estrutura celular. Portanto, a produção e montagem de maquetes de forma interdisciplinar foi uma atividade muito rica, na qual os alunos puderam aplicar a geometria e relacioná-la com as características morfológicas das células.

REFERÊNCIAS

Amabis, J. M. & Martho, G. R. (2004). *Biologia das Células*. Volume 1. São Paulo: Moderna.

_____. (2006). *Fundamentos da Biologia Moderna*. Volume único. São Paulo: Moderna.

_____. (2013). *Biologia em contexto: I do universo às células vivas*. São Paulo: Moderna.

Buzan, T. (2005). *Mapas mentais e sua elaboração: um sistema definitivo de pensamento que transformará a sua vida*. São Paulo: Cultrix.

_____. (2009). *Mapas mentais*. Janeiro: Sextante.

- Coll, C. & Monereo, C. (2010). *Psicologia da Educação Virtual*. Porto Alegre: Artmed.
- Coutinho, C. & Lisbôa, E. (2011). Sociedade da Informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI. *Revista de Educação*, XVIII (1), 5-22.
- Cavalcanti, L. S. (2005). Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino de Geografia. *Cad. Cedes, Campinas*, 25 (66), 185-207.
- Gehlen, S. T. & Delizoicov, D. (2012). A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de Vygotsky: implicações no ensino de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17 (1), 59-79.
- Júnior, A. J. V. & Gobara, S. T. (2016). Ensino em modelos como instrumento facilitador da aprendizagem em Biologia Celular. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 450-475.
- Keles, O. (2012). Elementary Teachers' Views on Minde Mapping. *Internacional Journal of Education*, 4 (1), 93-100.
- Kohen, R. (2003). Autonomia para experimentar. In: Sebarroja, J. C. (org.); Murad, F. Capítulo 8 – Jean Piaget. *Pedagogias do Séc. XX*. Porto Alegre: Artmed.
- Laister, J. & Koubek, A. (2001). 3rd Generation Learning Platforms Requirements and Motivation for Collaborative Learning. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*. Disponível em: <<http://www.eurodl.org/materials/contrib/2001/icl01/laister.pdf>>.
- Locatelli, A.; Zoch, A. N.; Trentin, M. A. S. (2015). TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte”. *Revista Tecnologias na Educação*, 7 (12), 1-12.
- Linhares, S.; Gewandsznajder, F. (2011). *Biologia*. Volume único. São Paulo: Ática.
- Lopes, S.; Rosso, S. (2010). *Bio*. Volume 1. São Paulo: Saraiva.

- _____. (2010). *Bio*. Volume único. São Paulo: Saraiva.
- Madigan, M. T.; Martinko, J. M.; Dunlap, P. V.; Clark, D. P. (2010). *Microbiologia de Brock*; 12ª ed., Porto Alegre: Artmed.
- Marques, A. M. M. (2008). *Utilização pedagógica de mapas mentais e de mapas conceptuais*. Dissertação de Mestrado. Universidade Aberta do Brasil. 153 p.
- Miranda, M. I. (2005). Conceitos centrais da teoria de Vygotsky e a prática pedagógica. *Ensino em Re-Vista*, 13 (1), 7-28.
- Mondin, E. M. C.; Dias, C. L. (2013). A profissão docente sob diferentes concepções psicológicas: O enfoque construtivista e o socioconstrutivista. *Psicologia argumento*, 31 (74), 483-494.
- Morales, R. G. & Agüera, A. S. Capacitación basada en objetos reusables de Aprendizaje. *Boletín IIE*, p. 23-28, 2002.
- Richter, E. & Hermel, E. E. S. (2016). A Biologia celular nos livros didáticos de Biologia: uma análise histórica do conteúdo (1923-2004). *Revista da SBEnBio*, 9, 3191-3202.
- Sasseron, L. H. & Carvalho, A. M. P. (2011). Uma análise de referenciais teóricos sobre a estrutura do argumento para estudos de argumentação no ensino de Ciências. *Revista Ensaio*, 13 (3), 243-262.
- Silva, A. A.; Filha, R. T. S.; Freitas, S. R. S. (2016). Utilização de modelo didático como metodologia complementar ao ensino da anatomia celular. *Biota Amazônica*, 6 (3), 17-21.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2013). *Fisiologia Vegetal*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed.
- Tortora, G. J.; Funke, B. R.; Case, C. L. (2012). *Microbiologia*, 10ª ed., Porto Alegre: Artmed.
- Wiley, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor and a taxonomy. In: WILEY, D. A. *The Instructional Use of Learning Objects*:

Online Version, 2000. Disponível em: <<http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

2.6 MANUSCRITO 4 – DIVIDINDO PARA MULTIPLICAR: DRAMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE MITOSE

Aline Jaime Leal³²

Lenira Maria Nunes Sepel³³

Este manuscrito foi redigido como o objetivo de divulgar o material didático dramatização do processo de mitose para que professores do Ensino Médio e Superior tenham acesso e façam uso na sua prática docente.

A dramatização da mitose é realizada com materiais de simples acesso e possui rápida execução. Cada aluno representa uma estrutura celular que é identificada através de folhas A4 nomeadas, as fibras do fuso mitótico são representadas por barbantes e o movimento dos alunos simula os eventos que ocorrem durante a mitose.

Processo de ensino e aprendizagem da mitose

A mitose é um conteúdo de difícil compreensão pelos alunos (CHATTOPADHYAY, 2005; DIKMENLI, 2009; WILLIAMS et al., 2011; MUHAMAD et al.; 2012), uma vez que envolve conceitos abstratos e complexos que necessitam ser relacionados adequadamente, para que o aluno tenha uma visão ampla desse processo de divisão celular. Um dos obstáculos apontados por Williams et al. (2011) para os alunos é o de relacionar a divisão celular com a genética envolvida no processo, sendo recomendado por esses autores metodologias de ensino que permitam um conhecimento esquemático e que, conseqüentemente, promovam as devidas conexões conceituais.

Chattopadhyay (2005) realizou uma pesquisa com estudantes do Ensino Médio, na Índia, e verificou que a maioria apresenta conhecimento fragmentado, incompleto e inconsistente sobre Biologia Celular, havendo erros conceituais que impedem a compreensão da divisão celular. Petrovich et al. (2014), ao investigar licenciandos em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, constataram que a maioria considera o

³² Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Professora de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), câmpus Bagé.

³³ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestra em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde pela Universidade Federal de Santa Maria. Professora adjunta da Universidade Federal de Santa Maria.

conteúdo de Biologia Celular o mais difícil de ser ensinado, sendo alguns dos motivos a complexidade do tema e a falta de qualificação para ensinar.

Dikmenli (2009) verificou o conhecimento de licenciandos em Biologia, na Turquia, sobre divisão celular, por meio de entrevista e de desenhos, e observou que eles confundem conceitos como: ciclo celular e divisão celular, mitose e meiose, células haploides e diploides, cromossomos homólogos e cromátides-irmãs, centrômero e fibras do fuso e cromatina. Além disso, detectou que eles apresentam problemas para compreender o comportamento dos cromossomos, número de cromossomos, alterações que ocorrem com as organelas, os estágios da divisão celular e a replicação do DNA durante a mitose.

Percebe-se que a problemática relacionada ao ensino e a aprendizagem da mitose independe do nível de ensino dos alunos e do local onde estes se encontram. Nesse sentido, propomos o uso da dramatização como metodologia complementar para o ensino do conteúdo mitose, sendo adequada para os níveis médio e superior de ensino. Essa dramatização pode ser usada para introduzir o conteúdo, para que os alunos tenham em mente o processo como um todo e depois estudem as fases que o compõem. É apropriada também para revisão do conteúdo, após o estudo detalhado do ciclo celular.

Papel da dramatização no ensino de Ciências

A dramatização é uma interessante metodologia didática para explicar conteúdos complexos relacionados ao ensino de Ciências, pois permite que os alunos formulem suas próprias concepções através da representação de conceitos abstratos, facilitando a aprendizagem (DILL et al., 2013). Trata-se de um fazer coletivo que estimula a criatividade, a espontaneidade e as relações sociais; proporcionando desenvolvimento intelectual, pessoal e do senso crítico, sendo este último essencial para o pleno exercício da cidadania (GIMÉNEZ, 2013; SILVA et al., 2014).

Embora a dramatização facilite o processo de ensino e de aprendizagem, poucos são os trabalhos que utilizam esse recurso como ferramenta didática nas diversas disciplinas escolares (GIMÉNEZ, 2013). Com este trabalho, pretende-se contribuir para a mudança desse cenário, ao divulgar a dramatização da mitose com a utilização de recursos simples e de fácil acesso.

Com relação à opinião de alunos, Silva et al. (2014) verificaram que a maioria considerou a dramatização como facilitadora da compreensão do conteúdo abordado pelo seu e pelos demais grupos; melhorou seu desempenho, motivou o aprendizado e o interesse pela disciplina; ampliou a interação e o relacionamento com os colegas de classe. Percebe-se, assim,

que há grande possibilidade de aceitação dessa metodologia pelos alunos, fator que contribui para que eles tenham maior atenção durante a abordagem do conteúdo.

Giménez, (2013) constatou, em sua pesquisa, que os alunos que encenaram a dramatização sobre a história das Ciências obtiveram melhor desempenho que os alunos expectadores, evidenciando a importância da atividade do aluno no seu processo de aprendizagem. Neste trabalho, propomos que todos alunos sejam atores e expectadores, em momentos distintos, proporcionando um ensino igualitário.

Materiais necessários

Rolo de barbante, tesoura, folhas A4 e caneta.

Metodologia

A turma necessita ser dividida em grupos, cada um com 12 alunos. Enquanto um grupo encena a mitose, os demais ficam assistindo, depois se invertem os papéis, a fim de que todos visualizem a dramatização da divisão celular, que pode ser realizada no pátio ou no auditório da escola. As folhas A4 servem para identificar as estruturas celulares que serão representadas pelos alunos, que são: o nucléolo, os cromossomos um e dois, a membrana nuclear e os centríolos, sendo necessárias duas folhas para esses últimos, uma vez que são quatro, dois em cada polo da célula (Figura 1). Cada cromossomo é interpretado por uma dupla de alunos de mãos dadas, cada aluno representa uma cromátide-irmã (Figura 1).

Primeiramente, os alunos serão dispostos como demonstrado na figura 1, caracterizando o final da intérfase e início da prófase, segurando a folha com o nome da estrutura celular que está encenando. A condensação dos cromossomos não foi representada nesta dramatização, mas poderia ocorrer pelo agachamento dos alunos que encenam as cromátides-irmãs. O nucléolo e os cromossomos 1 e 2 ficam centralizados, já o aluno que desempenha o papel da membrana nuclear fica girando em volta desses, pois se a membrana nuclear fosse representada por vários alunos, os alunos expectadores não conseguiriam visualizar o que ocorre dentro do núcleo. Fora do núcleo, ficam os centríolos, um par em cada polo da célula.

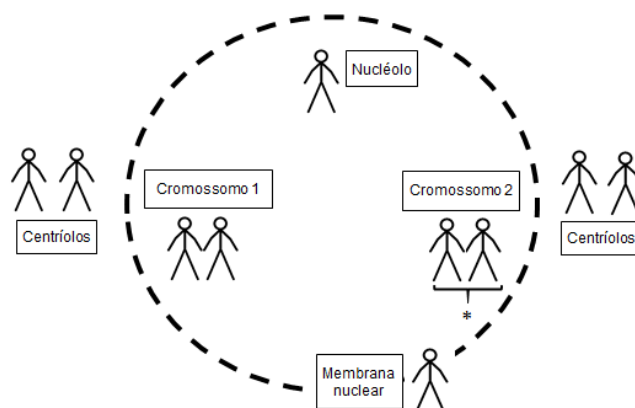


Figura 1. Esquema da dramatização de mitose. Cada caixa de texto indica uma folha de papel A4, cada boneco palito representa um aluno, o asterisco indica um cromossomo formado por duas cromátides-irmãs. Autoria própria.

A partir dos centríolos, surgem as fibras do fuso mitótico, conforme figura 2, sendo representadas por barbantes. É importante demonstrar para os alunos que, para que as fibras do fuso mitótico tenham acesso aos cromossomos, é necessário que ocorra a desintegração da membrana nuclear, pois esta constituiu uma barreira física.

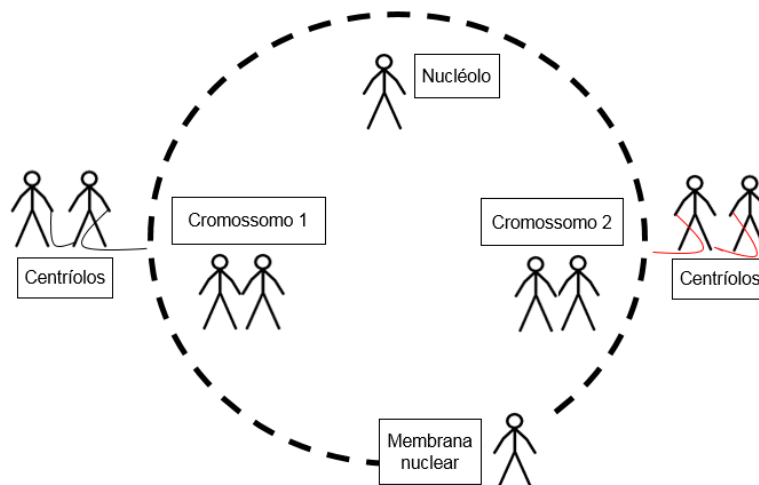


Figura 2. Esquema da dramatização de mitose, mostrando as fibras do fuso mitótico partindo dos centríolos (fios pretos e vermelhos que são segurados pelos bonecos palitos). Autoria própria.

Após a desintegração da membrana nuclear e do nucléolo, temos a disposição observada na figura 3, indicando o final da prófase e o início da metáfase. As fibras do fuso mitótico, representadas por barbantes, formadas pelos centríolos, já estão aderidas às cromátides-irmãs.

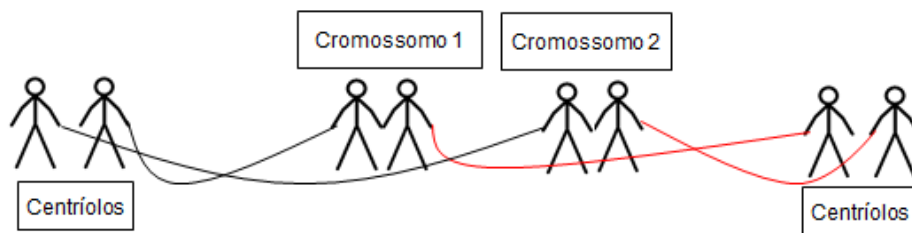


Figura 3. Esquema da dramatização da mitose no final da prófase e no início da metáfase, no qual as fibras do fuso mitótico estão aderidas aos cromossomos condensados. Autoria própria.

Na representação da metáfase, os cromossomos permanecerão um do lado do outro, pois se ficassem um atrás do outro, os alunos expectadores não visualizariam a separação das cromátides-irmãs nos dois cromossomos na fase posterior, que é a anáfase (Figura 4).

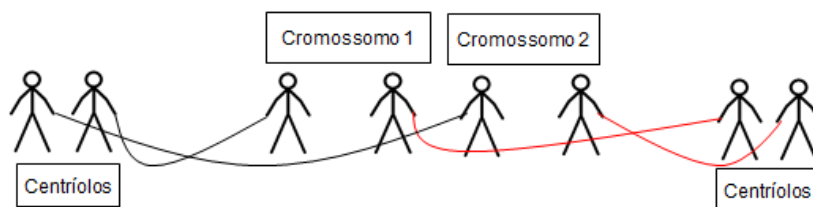


Figura 4. Esquema da dramatização da mitose em início da anáfase, começando a separação das cromátides-irmãs. Autoria própria.

Ao final da anáfase, as cromátides-irmãs já se encontram separadas em polos opostos da célula, conforme figura 5, constituindo cada uma um cromossomo.

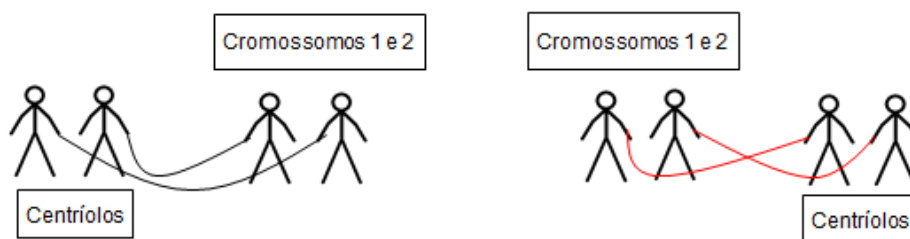


Figura 5. Esquema da dramatização da mitose no final da anáfase, com as cromátides-irmãs separadas em polos opostos da célula, já configuram cada uma um cromossomo distinto. Autoria própria.

Na telófase, voltam os alunos que representaram o nucléolo e a membrana nuclear, sendo necessários mais dois alunos, uma vez que são duas células (A e B), e, conseqüentemente, o dobro dessas estruturas (Figura 6).

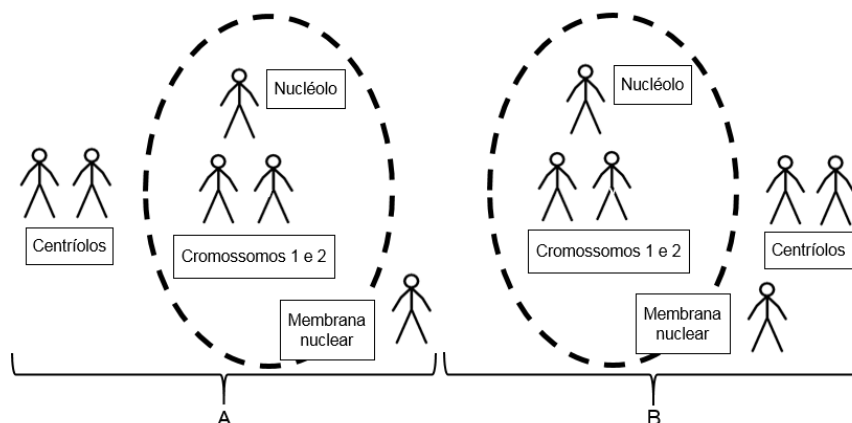


Figura 6. Esquema da dramatização ao final da telófase, com reaparecimento dos nucléolos e membrana nuclear, configurando dois núcleos das células A e B.

É importante ressaltar para os alunos que a membrana plasmática continua intacta durante toda a mitose, ficando a critério do professor se só fará um comentário a respeito ou se também será representada essa estrutura durante a dramatização, até mesmo para que possa ser encenada a citocinese. Se a membrana plasmática aparecer durante a encenação, teremos uma mudança na figura 1, havendo um aluno a mais representando a membrana plasmática (Figura 7). Esse aluno pode inicialmente girar, delimitando todo o citoplasma da célula e, após, permanecer fixo, apenas indicando a presença da estrutura.

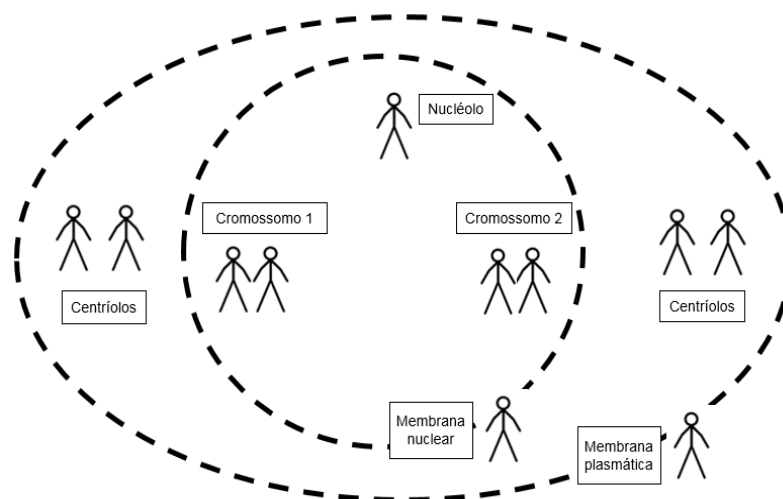


Figura 7. Esquema da dramatização do final da intérfase e início da prófase com a presença da membrana plasmática.

A citocinese pode ser facilmente representada com a presença de dois alunos encenando a membrana plasmática e isolando as células A e B (Figura 8), após a telófase na figura 6.

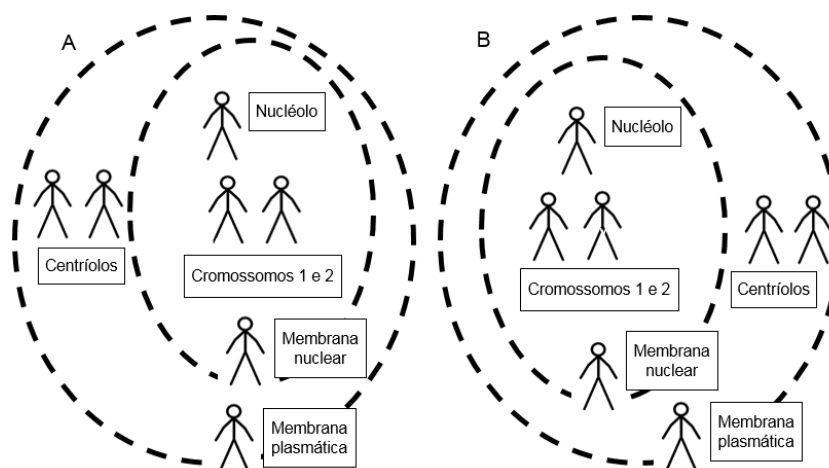


Figura 8. Esquema da dramatização da citocinese com as membranas plasmáticas, isolando as células A e B.

Considerações finais

A dramatização da mitose foi realizada com alunos do Ensino Médio Integrado (Figuras de 9 a 11), em três turmas, cada uma com aproximadamente 30 alunos, sendo executada, pelo menos, duas vezes em cada turma, para que todos atuassem como atores e expectadores. O tempo estimado para a realização da dramatização por todos os alunos da turma foi de 15 minutos.

Optou-se por utilizar a dramatização para introdução do conteúdo em uma das turmas e como revisão nas outras duas.

Imagens da dramatização de mitose realizada com alunos do Ensino Médio Integrado são disponibilizadas a seguir. Na figura 9, pode-se observar a prófase, igual a demonstrada na figura 1.

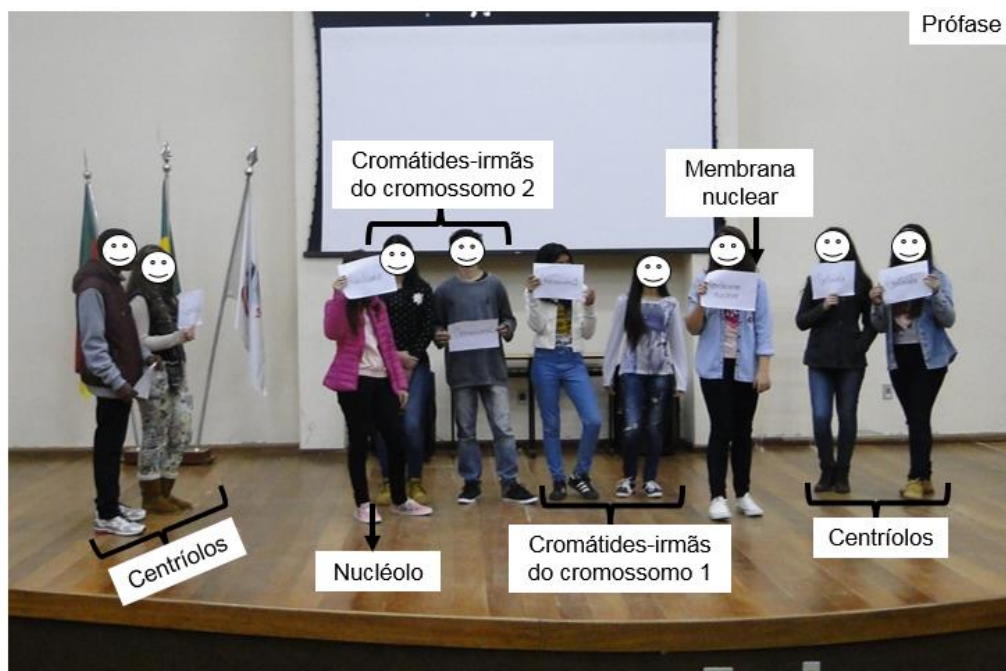


Figura 9. Dramatização realizada com alunos do Ensino Médio Integrado, representando a prófase da mitose.

A dramatização do início da anáfase pode ser visualizada na figura 10, com o começo da separação das cromátides-irmãs, conforme esquema da figura 4.



Figura 10. Dramatização realizada com alunos do Ensino Médio Integrado, representando o início da anáfase da mitose.

Na figura 11, a telófase está sendo dramatizada; a pesquisadora está auxiliando os alunos na reorganização do núcleo, com a reintegração da membrana nuclear e do nucléolo na célula B, de acordo com o esquema da figura 6.

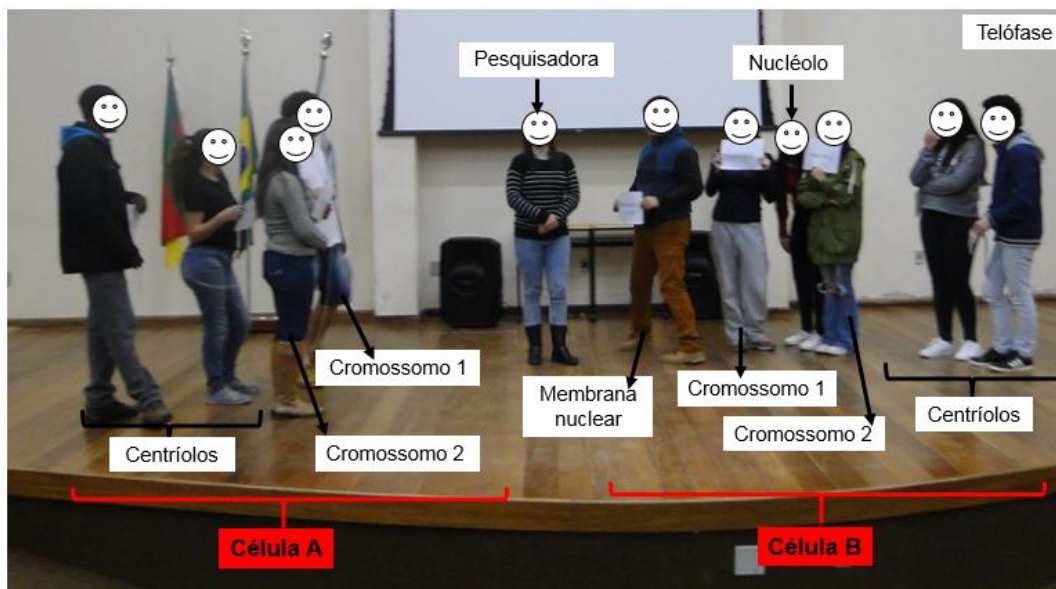


Figura 11. Dramatização realizada com alunos do Ensino Médio Integrado, representando a telófase da mitose.

Referências

CHATTOPADHYAY, A. (2005). Understanding of Genetic Information in Higher Secondary Students in Northeast India and the Implications for Genetics Education. *Cell Biology Education*, 4, 97–104.

DIKMENLI, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essay*, 5 (2), 235-247.

DILL, R. E.; RICHTER, L.; SIQUEIRA, A. B. (2013). A dança do átomo: uma dramatização no ensino de Ciências. *Revista Di@logus*, 2 (1), 1-7.

GIMÉNEZ, H. Teatro científico: uma ferramenta didática para o ensino de Física. 2013. 120 p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, 2013.

MUHAMAD, M.; ZAMAN, H. B. e AHMAD, A. (2012). Virtual Biology Laboratory (VLab-Bio): Scenario-based Learning Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 69, 162-168.

PETROVICH, A. C. I. et al. (2014). Temas de difícil ensino e aprendizagem em Ciências e Biologia: experiências de professores em formação durante o período de regência. *Revista da SBEnBio*, 7: 363-373.

SILVA, M. I.; ORLANDO, T. C.; MORENO-COTULIO, V. R.; GOUVÊA, C. M. C. P. (2014). Os conceitos de gene e DNA por alunos ingressantes na UNIFAL-MG e a efetividade da dramatização como estratégia de ensino de Biologia Molecular. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 12 (2), 25-36.

WILLIAMS, M.; DEBARGER, A. H.; MONTGOMERY, B. L.; ZHOU, X.; TATE, E. (2012). Exploring Middle School Students' Conceptions of the Relationship Between Genetic Inheritance and Cell Division. *Science Education*, 96 (1), 78–103.

3 DISCUSSÃO

Vivemos na Era da Informação, na qual a tecnologia permeia nosso cotidiano, tornando possível que grande quantidade de informação possa ser acessada, compartilhada e produzida rapidamente. Desta forma, a informação, que antes era uma área ou especialidade, passa a ser uma dimensão de tudo, transformando profundamente a forma como a sociedade se organiza (GADOTTI, 2000). O grande desafio da nossa sociedade passa a ser a obtenção ágil da informação e, principalmente, de informação de qualidade (JAMIL e NEVES, 2000).

A escola, na Sociedade da Informação, necessita capacitar os alunos para participar e interagir nesse mundo globalizado e mutável, altamente competitivo, que valoriza o ser flexível, criativo, capaz de encontrar soluções inovadoras para os problemas de amanhã, ou seja, preparar os cidadãos para que tenham competências e habilidades para continuar aprendendo ao longo de toda sua vida (COUTINHO e LISBÔA, 2011). A inserção das novas tecnologias no contexto escolar também tem a função social de promover a inclusão digital, sendo, por vezes, o único espaço que o aluno tem de acesso ao computador e à Internet.

A inserção de novas tecnologias no ensino de Ciências pode ocorrer por meio dos laboratórios remotos (LR) e virtuais de aprendizagem (LVA), o quais têm trazido contribuições importantes para a área, ao permitirem que atividades práticas ocorram quando as escolas não possuem equipamentos, materiais e reagentes para realiza-las fisicamente. Essas restrições ocorrem em muitas escolas brasileiras, o que prejudica o ensino prático de Ciências, como verificado por vários autores (BEREZUK e INADA, 2010; ANDRADE e MASSABNI, 2011; CARDOSO e TAKAHASHI, 2011; SANTANA, 2011; BIANCHI, 2012).

Esses laboratórios possuem maior acessibilidade do que os laboratórios presenciais, uma vez que não existem impedimentos físicos de uso e também superior adaptabilidade para alunos portadores de necessidades especiais por meio de tecnologias assistivas, que permitem maior autonomia, independência e equiparação de oportunidades para esses alunos (SILVA, 2012). Além disso, permitem acessar conhecimentos transmitidos não apenas por palavras, mas também por imagens, sons, fotos e vídeos (hipermídia) (GADOTTI, 2000); o que contribui para a inclusão de alunos com dificuldades auditivas e visuais, além de abranger alunos com diferentes tipos de aprendizagem.

Como são acessados pela Internet, os LR e LVA podem ser utilizados simultaneamente por maior número de usuários, permitindo o trabalho cooperativo e colaborativo entre alunos e professores de instituições de diversos países, não havendo barreiras geográficas. Okada (2003) acredita que o trabalho cooperativo vai além de buscar um produto coletivo, uma vez que

permite o desenvolvimento de uma visão mais ampla, na qual é possível identificar incoerências e incompletudes, e estimular a criatividade em prol de novas descobertas e alternativas inovadoras. Para a autora, no trabalho cooperativo, os alunos tornam-se co-autores da construção do conhecimento e do seu próprio processo de aprendizagem. Para Vygotsky, o trabalho colaborativo é um dos principais fatores que contribuem para que os alunos atinjam a Zona de Desenvolvimento Proximal, neste caso, também chamada de Zona de Conhecimento Social Compartilhada (LAISTER e KOUBEK, 2001).

As competências e habilidades desenvolvidas pelos LR e LVA, não são as mesmas que ocorrem com o uso do LP, pois não permitem que os alunos tenham a percepção sensorial de um laboratório real, como toque e cheiro, por exemplo. A abordagem dos LR e LVA permitem maior compreensão de conceitos e desenvolvimento de habilidades profissionais e sociais (MA e NICKERSON, 2006); as habilidades técnicas de manuseio de objetos reais, só os LP permitem. Portanto, os LR e LVA devem ser vistos como recursos complementares ao ensino e não substitutos dos LP (CARNEVALE, 2003; MA e NICKERSON, 2006; ELAWADY e TOLBA, 2009; RÉ et al., 2012; WALDROP, 2013), sendo o uso combinado dos três tipos de laboratórios extremamente vantajoso, uma vez que abordam os conteúdos de forma diferenciada.

Neste estudo, realizou-se o uso da exemplificação crítica de propostas envolvendo os três laboratórios, como forma de divulgação dos mesmos, porém, ressaltamos que se diferencia de planos de aula, nos quais a atividade é apresentada de forma estruturada. Na exemplificação crítica, indicamos o uso de cada laboratório para abordar um determinado conteúdo, no caso foi cores, ficando a critério do professor escolher a metodologia didática que melhor se adapta ao ambiente escolar onde atua. A divulgação de uso das novas tecnologias na Educação Básica, pode contribuir para incentivar os professores a inseri-las no currículo escolar, uma vez que percebem que não necessitam de conhecimentos específicos na área da Informática para utilizá-las de forma eficiente.

Uma grande diversidade de LVA foram criados e aplicados ao ensino de Biologia, Física e Química em diversos países, nas últimas décadas, apresentando formato de software, CD-ROM e página/sistema web; abrangendo vários conteúdos; contendo diferentes recursos didáticos/objetos de aprendizagem e proporcionando uma significativa contribuição para aprendizagem dos alunos. Além disso, os LVA abrangem todos os níveis de ensino tanto na modalidade presencial quanto à distância; porém, existe uma carência dos mesmos para aplicação na Educação Básica.

Em vista disso, buscamos desenvolver o Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) para complementar o ensino de Ciências no Ensino Médio, realizando uma abordagem que seguiu princípios construtivistas e características relevantes, encontradas na pesquisa bibliográfica realizada no segundo artigo desta tese. O LVBC apresenta o conteúdo de Biologia Celular de forma integrada, contextualizada e dinâmica e possibilita o uso de metodologias diversificadas, das quais utilizamos, como elementos mediadores: mapas mentais, aulas práticas, produção de modelos didáticos e construção de argumentos.

A produção de mapas mentais está relacionada com as funções e operações da mente de encadear, relacionar, comparar, classificar, entre outras, ou seja, processar, de uma forma geral, as informações coletadas tanto do universo exterior (objetivas) quanto do interior (subjetivas) (HERMANN e BOVO, 2005). O uso de mapas mentais, neste estudo, foi eficiente tanto para a introdução como revisão do conteúdo teórico presente no LVBC, auxiliando a pesquisadora e professor regente na mediação entre os alunos e o laboratório virtual. Com os mapas mentais, os alunos puderam visualizar a ideia principal do conteúdo com maior nitidez, relacionar os conceitos-chave de maneira mais fácil e revisar as informações de forma eficiente e rápida (BUZAN, 2009).

As aulas práticas foram uma das atividades mais bem avaliadas pelos alunos, evidenciando a preferência destes por métodos de ensino ativo. Os alunos demonstram ter maior dificuldade em realizar as aulas práticas (1 e 3) nas quais necessitavam criar argumentos ou explicar determinado fenômeno de forma escrita. A elaboração de argumentos e de justificativas requereu que os alunos selecionassem evidências a partir de dados fornecidos e pesquisados na Internet para o estabelecimento de relações coerentes entre elas e o conhecimento científico (JUSTI, 2015). Os alunos apresentaram dificuldades em todo o processo, desde a coleta dos dados até a redação dos argumentos e das justificativas, que foram elaboradas de forma pouco estruturada, objetiva e articulada.

Nas aulas práticas três e quatro, utilizamos o LVBC em combinação com o LP, fazendo uso do microscópio para observação de células de cebola. Esse instrumento permite uma abordagem mais abrangente do conteúdo, pois possibilita a visualização de células reais, que, geralmente, são vistas por imagens, que, muitas vezes, são transposições didáticas e não retratam a realidade (CARMO et al., 2011).

A aula prática dois tratou da produção de modelos didáticos dos três tipos celulares (procarionte, eucarionte animal e vegetal), relacionando a Biologia e a Matemática. Os modelos didáticos atuam como mediadores entre o conhecimento teórico e empírico, facilitando a aprendizagem (JUSTINA e FERLA, 2006), principalmente, de conteúdos com características

abstratas como a Biologia Celular. Os alunos conseguiram, por meio dos modelos didáticos, observar a estrutura celular de forma concreta e ampliada, o que facilitou relacionar as organelas com a sua posição dentro da célula e com a sua funcionalidade.

A aplicação do LVBC no Ensino Médio Integrado foi realizada utilizando-se três metodologias, que apresentaram a mesma eficiência em relação à aprendizagem dos alunos. Portanto, utilizar apenas o LVBC e LP sem ter aulas tradicionais ou combinar os dois laboratórios com aulas tradicionais em momentos distintos são metodologias que promoveram a aprendizagem de alunos do Ensino Médio Integrado. Acreditamos que o uso do LVBC, durante um semestre letivo, oportunizou a construção do conhecimento pelos próprios alunos, assim como aprendizagem do conteúdo, a qual foi verificada no pós-teste pelo aumento considerável de detalhamento dos desenhos das células e do desempenho dos alunos nas questões objetivas.

Apesar das três metodologias de aplicação do LVBC apresentarem resultados semelhantes sobre a aprendizagem dos alunos, a maioria destes e o professor regente preferiram o uso intercalado de aulas teóricas tradicionais com o LVBC e LP. Esse resultado reflete à resistência ao uso exclusivo do LVBC e LP, e da mediação como metodologia de ensino. A resistência de professores quanto ao uso de tecnologias não é uma novidade (SOARES-LEITE e NASCIMENTO-RIBEIRO, 2012; ATANAZIO e LEITE, 2017), sendo verificada a mesma tendência nos alunos participantes deste estudo. As aulas teóricas tradicionais já estão arraigadas nas escolas, sendo difícil mudar a concepção de alunos e de professores com relação à substituição deste método de ensino, pois possui etapas e tempo de duração já estabelecidos e resultados pré-definidos. A mediação com o uso de tecnologias, por outro lado, pode ocorrer de várias maneiras, dependendo da criatividade do professor e de seus objetivos de aprendizagem e ocorre conforme o tempo requerido para que os alunos construam o seu próprio conhecimento. Todas essas incertezas com relação à mediação por tecnologias podem ter gerado insegurança nos alunos e no professor regente, justificando a escolha pelo uso intercalado de aulas tradicionais com o LVBC e LP.

Os alunos apresentaram pouca motivação para o uso do LVBC, demonstrando que, na utilização de tecnologias, ainda persiste um antigo problema da educação relacionado ao engajamento dos alunos na realização das atividades propostas (KLOCK et al., 2014). Entretanto, os alunos elencaram o pós-teste como uma das atividades preferidas do LVBC, o que pode estar associado ao espírito competitivo que estava presente durante a realização deste, uma vez que os alunos sabiam que as três turmas tinham notas semelhantes no pré-teste, sendo o pós-teste visto por eles como uma forma de desempate. Durante o semestre e uso do LVBC,

as atividades foram realizadas de forma cooperativa e colaborativa, parece que a competição tem um carácter motivador maior do que o trabalho em grupo para esses alunos. A motivação dos alunos ao participar de atividades competitivas já observada durante a gincana do câmpus, realizada uma vez ao ano, na qual todos as turmas competem entre si.

Os alunos, participantes deste estudo, preferiram utilizar objetos de aprendizagem que fornecem informação de forma rápida e objetiva, caso do glossário e dos simuladores. Também gostaram de interagir com o laboratório virtual, ao fazer uso da tabela interativa, que segue o princípio de um jogo, e visualizar o processo de mitose por meio de animação. As preferências dos alunos estão relacionadas a uma nova abordagem denominada de gamificação, na qual há aplicação da lógica dos *games* em diferentes contextos, como o escolar (FIGUEIREDO et al., 2015). Na gamificação, são utilizados elementos dos games como narrativa, feedback, recompensa, cooperação, competição, objetivos e regras claras, tentativa e erro, interação e interatividade (FARDO, 2013); muitos destes estão presentes nos objetos de aprendizagem mais apreciados pelos alunos.

A dramatização é uma metodologia que pode ser usada no ensino da divisão celular, possibilitando a visualização do processo de mitose como um todo, sendo adequada tanto para a introdução como para a revisão do conteúdo. No trabalho realizado por Kreiser e Hairston (2007), denominado de dança dos cromossomos, os alunos interpretaram os cromossomos humanos durante a mitose e meiose. Esses autores verificaram que a referida dramatização possibilitou, aos alunos, uma experiência concreta que os ajudou a compreender a sequência lógica da mitose de forma divertida; resultado semelhante ao encontrado neste estudo.

4 CONCLUSÕES

Os três tipos de laboratórios de ensino e aprendizagem (presencial, remoto e virtual) têm potencialidade e limitações de uso no ensino de Ciências, sugere-se o uso combinado desses, uma vez que maior gama de competências e habilidades podem ser desenvolvidas pelos alunos, visto que cada laboratório permite uma abordagem distinta do conteúdo.

Para divulgação e incentivo do uso combinado dos laboratórios de ensino e aprendizagem, efetuamos a exemplificação crítica a partir da análise de propostas de execução de atividades práticas. Acreditamos que a exemplificação crítica possa contribuir para diminuir a resistência dos professores para utilizarem essas tecnologias, reduzir o tempo necessário para planejamento das atividades, favorecer a percepção do professor quanto a realização de transposições didáticas necessárias para os contextos escolares onde atuam e instigar a integração desses recursos ao currículo escolar.

Para o ensino de Ciências na Educação Básica, os laboratórios virtuais de aprendizagem (LVA) são tecnologias mais acessíveis do que os laboratórios remotos (LR), uma vez que a infraestrutura necessária se resume ao laboratório de Informática e Internet, não requerendo demais equipamentos, mesmo que de outras instituições.

Algumas características são relevantes para que um LVA auxilie o processo de ensino e aprendizagem de Ciências, como: ser atrativo, sucinto, interativo, fácil de usar, possuir diversas metodologias de aplicação e avaliação da aprendizagem.

O desenvolvimento do Laboratório Virtual de Biologia Celular (LVBC) foi demorado, pois envolveu uma equipe multidisciplinar e trabalho cooperativo.

O LVBC é uma tecnologia complementar no processo de ensino e aprendizagem da Biologia Celular, apresentando o conteúdo de forma integrada, dinâmica e contextualizada.

O uso do LVBC e LP sozinhos ou de forma combinada com aulas teóricas tradicionais em momentos distintos promoveram a aprendizagem da Biologia Celular por alunos do Ensino Médio Integrado.

Os usuários (alunos e professor regente) apresentaram opinião positiva para a maioria das questões avaliativas com relação ao uso do LVBC e preferiram utilizar os laboratórios virtual e presencial intercalados com aulas teóricas tradicionais.

Com relação às seções e conteúdo do LVBC, os alunos preferiram objetos de aprendizagem dinâmicos, interativos e capazes de fornecer informações de maneira rápida, como a tabela interativa, a animação, os simuladores e o glossário. As aulas práticas também

foram bem avaliadas e proporcionaram a combinação do LVBC com o LP, produção de modelos didáticos e de argumentos para explicação de classificação biológica.

O uso de mapas mentais foi eficiente tanto para a introdução como para a revisão do conteúdo de Biologia Celular e juntamente com a tabela interativa, auxiliaram os alunos nas avaliações em que deveriam comparar os três tipos celulares ou relacionar organelas e suas funções.

As atividades de construção de argumentos e de justificativas de processos celulares de forma escrita foram as que os alunos apresentaram maior dificuldade e menor desempenho.

A dramatização é uma metodologia interessante para o ensino da divisão celular, pois possibilita, de forma simples e com poucos recursos, que os alunos visualizem e compreendam o processo como um todo, seja na introdução ou na revisão do conteúdo.

:

5 REFERÊNCIAS

ABREU, L. C. et al. A epistemologia genética de Piaget e o Construtivismo. **Rev. Bras. Crescimento Desenvolvimento Hum.** v. 20, n. 2, p. 361-366, 2010.

ALEXIOU, A.; BOURAS, C.; GIANNAKA, E. (2005) Virtual Laboratories in Education. In: COURTIAT, J. P.; DAVARAKIS, C.; VILLEMUR, T. (eds). **Technology Enhanced Learning. IFIP International Federation for Information Processing**, Boston: Springer, v. 171, p. 19-28, 2005. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F0-387-24047-0_2?LI=true. Acesso em: 15 out. 2017.

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de Ciências. **Ciência & Educação**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

ATANAZIO, A. M. C.; LEITE, A. E. **Integração das tecnologias da informação e comunicação (TIC) à prática docente: alguns desafios**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 3 a 6 de julho de 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2249-1.pdf>. Acesso em: 02 out. 2017.

BAKAR, N.; ZAMAN, H. B. Development and Design of 3D Virtual Laboratory for Chemistry Subject Based on Constructivism-Cognitivism-Contextual Approach. In: ABDUL-RAHMAN, A.; ZLATANOVA, S., COORS, V. (eds) **Innovations in 3D Geo Information Systems**. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.

BARBOSA, R. M. N.; JÓFILI, Z. M. S. Aprendizagem cooperativa e ensino de Química – parceria que dá certo. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 55-61, 2004.

BEREZUK, P. A.; INADA, P. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 207-215, 2010.

BIANCHI, Vaniria Lysyk Teixeira. **A motivação de professores para o uso do laboratório de Ciências no ensino de Biologia**. Maringá, UEM, 2012. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, 2012.

BOIKO, V. A. T. ZAMBERLAN, M. A. T. A perspectiva sócio-construtivista na Psicologia e na Educação: o brincar na pré-escola. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 6, n. 1, p. 51-58, jan./jun. 2001.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Cad. Brás. Ens. Fís.**, v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar da Educação Básica 2016: Notas estatísticas**. Brasília: MEC/INEP, 2017.

BRACK, C.; ELLIOTT, K. A.; FISHER, J. e STAPLETON, D. The virtual laboratory: An online program to integrate authentic activities into the biology curriculum. In: CRISP, G.; THIELE, D.; SCHOLTEN, I.; BARKER, S.; BARON, J. **INTERACT, INTEGRATE IMPACT: Proceedings of the 20th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)**, 7-10 december, p. 581-584, 2003.

BREAKEY, K. M.; LEVIN, D.; MILLER, I.; HENTGES, K. E. The Use of Scenario-Based-Learning Interactive Software to Create Custom Virtual Laboratory Scenarios for Teaching GeneTIC. In: PUKKILA, Patricia J. (Eds), **GeneTIC Education: Innovations in Teaching and Learning GeneTIC**. **GeneTIC**, v. 179, n. 3, p. 1151–1155, jul. 2008.

BUZAN, T. (2009). **Mapas mentais**. Janeiro: Sextante.

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.

CARMO, D. J.; SILVEIRA, L. R.; SPÓSITO, R. C. A.; MARISCO, G. Aula experimental: a importância e a utilidade do microscópio para o Ensino Médio. Disponível em: <http://www.sbenbio.org.br/verebione/docs/13.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2018.

CARNEVALE, D. The Virtual Lab Experiment: Some colleges use computer simulations to expand science offerings online. **The Chronicle of Higher Education: Information Technology**, p. 1-5, jan. 2003.

CHAKUR, C. R. S. L. **A desconstrução do Construtivismo na educação: crenças e equívocos de professores, autores e críticos**. São Paulo: Editora UNESP, 2015.

CHEN, X.; SONG, G.; ZHANG, Y. Virtual and Remote Laboratory Development: A Review. In: **Earth and Space 2010: Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments**. Honolulu: Aerospace Division of the American Society of Civil Engineers, 2010.

COELHO, L.; PISONI, S. Vygotsky: sua teoria e a influência na educação. **Revista Científica do Curso de Pedagogia**, v. 2, n. 1, p. 144-152, 2012.

COLL, C. Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. **Boletín de la Institución Libre de Enseñanza**, Madrid, n. 72, p. 1-23, 2008.

COLL, C.; MONEREO, C. **Psicologia da Educação Virtual**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

COSTA, L. A. C. e FRANCO, S. R. K. Ambientes virtuais de aprendizagem e suas possibilidades construtivistas. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 3 n. 1, p. 1-10, 2005.

COUTINHO, C.; LISBÔA, E. Sociedade da Informação, do conhecimento e da aprendizagem: desafios para educação no século XXI. **Revista de Educação**, v. XVIII, n. 1, p. 5-22, 2011.

CRUZ, S. C. S. **Proposta de um Modelo de Integração das Tecnologias de Informação e Comunicação nas Práticas Lectivas: o aluno de consumidor crítico a produtor de**

informação online. 2009. 567 f. Tese – Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Ninho, Portugal. 2009.

CUSTÓDIO, J. F. et al. Práticas didáticas construtivistas: critérios de análise e caracterização. **Rev. Fac. Cienc. Tecnol.**, p. 11-35, 2013.

DALGARNO, B.; BISHOP, A. G.; ADLONG, W. e BEDGOOD JR., D. R. Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students. **Computers & Education**, v. 53, n. 3, p. 853–865, 2009.

DELVAL, J. O conhecimento, um processo de criação. In: SEBARROJA, J. C.; MURAD, F. (org.). Capítulo 8 – Jean Piaget. **Pedagogias do Séc. XX**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 160 p.
ELAWADY, Y. H.; TOLBA, A. S. Educational Objectives of Different Laboratory Types: A Comparative Study. **International Journal of Computer Science and Information Security**, v. 6, n. 2, p. 89-96, 2009.

FARDO, M. L. A gamificação aplicada em ambientes de aprendizagem. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2013.

FERRARI, M. Lev Vygotsky, o teórico do ensino como processo social. Escola nova, 2008. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/382/lev-vygotsky-o-teorico-do-ensino-como-processo-social>. Acesso em: 8 nov. 2017.

FIGUEIREDO, M.; PAZ, T.; JUNQUEIRA, E. Gamificação e educação: um estado da arte das pesquisas realizadas no Brasil. Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2015). Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/6248/4373>. Acesso em: 21 jan. 2018.

FREITAS, N. K. Representações mentais, imagens visuais e conhecimento no pensamento de Vygotsky. **Ciências & Cognição**, v. 6, p. 109-112, 2005.

GADOTTI, M. Perspectivas atuais da educação. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 2, p. 3-11, 2000.

GEHLEN, S. T. & DELIZOICOV, D. A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de Vygotsky: implicações no ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 59-79, 2012.

GREGÓRIO, E. A.; OLIVEIRA, L. G.; MATOS, S. A. Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de biologia: uma proposição investigativa para o ensino de síntese proteica. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.11, n. 1, p. 101-125, 2016.

HERMANN, W.; BOVO, V. Mapas mentais: enriquecendo inteligências. 2005. Disponível em: <http://www.idph.net/download/criatividade.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2018.

JAGODZINSKI, P.; WOLSKI, R. Assessment of Application Technology of Natural User Interfaces in the Creation of a Virtual Chemical Laboratory. **J. Sci. Educ. Technol.**, v. 24, n. 1, p.16–28, 2015.

JAMIL, G. L.; NEVES, J. T. de R. A era da informação: considerações sobre o desenvolvimento das tecnologias da Informação. **Perspect. cienc. inf.**, Belo Horizonte, v. 5, n.1, p. 41-53, jan./jun. 2000.

JIMÉNEZ, C. I. Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 19, n. 62, p. 917-937, 2014.

JÚNIOR, A. J. V.; GOBARA, S. T. Ensino em modelos como instrumento facilitador da aprendizagem em Biologia Celular. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 450-475, 2016.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de Ciências. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 31-48, 2015.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arq. Mudi.**, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

KLOCK, A. C. T.; CARVALHO, M. F.; GASPARINI, I. Análise das técnicas de Gamificação em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 12, p. 1-10, 2014.

KOHEN, R. Autonomia para experimentar. In: SEBARROJA, J. C.; MURAD, F. (org.). Capítulo 8 – Jean Piaget. **Pedagogias do Séc. XX**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 160 p.

KREISER, B.; HAIRSTON, R. Dance of the Chromosomes: A Kinetic Learning Approach to Mitosis and Meiosis. **Bioscene**, v. 33, n. 1, p. 6-10, 2007.

LA TAILLE, Y; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. **Piaget, Vygotsky, Wallon: Teorias psicogenéticas em discussão**. 27º ed. São Paulo: Summus, 1993.

LAISTER, Johann; KOUBEK, Anni. 3rd Generation Learning Platforms Requirements and Motivation for Collaborative Learning. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*, 2001. Disponível em: <<http://www.eurodl.org/materials/contrib/2001/icl01/laister.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2017.

LEAL, A. J. SEPEL. L. M. N. A inclusão digital no ensino de ciências: analisando laboratórios virtuais de aprendizagem. **Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia**, Canoas, v.6, n.1, p. 1-20, 2017.

LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; TRENTIN, M. A. S. TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte”. **Revista Tecnologias na Educação**, ano 7, n. 12, p. 1-12, 2015.

MA, J.; NICKERSON, J. V. Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: A Comparative Literature Review. **ACM Computing Surveys**, v. 38, n. 3, p. 1-24, set. 2006.

MARANDINO, M.; RODRIGUES, J.; SOUZA, M. P. C. de. Discutindo o conceito de célula em materiais didáticos para o estudo da transposição didática na formação de professores. **Revista do SBEnBio**, n. 7, p. 4276-4287, 2014.

MARTINHO, T.; POMBO, L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.8, n. 2, p. 527-538, 2009.

MELO, R. C.; OSSO JR, J. A. Laboratórios virtuais e ambientes colaborativos virtuais de ensino e de aprendizagem: conceitos e exemplos. **Revista de Informática Aplicada**, v. 4, n. 2, jul./dez., 2008.

MIKROPOULOS, T. A.; NATSIS, A. Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). **Computers & Education**, v. 56, p. 769–780, 2011.

MIRANDA, M. I. Conceitos centrais da teoria de Vygotsky e a prática pedagógica. **Ensino em Re-Vista**, v. 13, n. 1, p. 7-28, 2005.

MONDIN, E. M. C.; DIAS, C. L. A profissão docente sob diferentes concepções psicológicas: O enfoque construtivista e o socioconstrutivista. **Psicologia argumento**, v. 31, n. 74, p. 483-494, 2013.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª ed. São Paulo: EPU, 2011.

MUHAMAD, M.; ZAMAN, H. B.; AHMAD, A. Virtual Laboratory for Learning Biology – A Preliminary Investigation. **International Journal of Social, Human Science and Engineering**, v. 4, n. 11, p. 375-378, 2010.

MUHAMAD, M.; ZAMAN, H. B. e AHMAD, A. Virtual Biology Laboratory (VLab-Bio): Scenario-based Learning Approach. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 69, p. 162-168, 2012.

MÜLLER, D.; ERBE, H. Collaborative Remote Laboratories in Engineering Education: Challenges and Visions. In: GOMES, Luís; GARCÍA-ZUBÍA, Javier (eds.). **Advances on remote laboratories and e-learning experiences**. Bilbao: Deusto, 2007.

OKADA, A. L. P. Desafio para EAD: como fazer emergir a colaboração e cooperação em ambientes virtuais de aprendizagem? In: SILVA, M. (Org.). **Educação online**. São Paulo: Loyola, 2003.

OLIVEIRA, N. M., JÚNIOR, W. D. O uso do vídeo como ferramenta de ensino aplicada em Biologia Celular. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.14; p. 1788-1809, 2012.

PACCA, J. L. A.; SCARINCI, A. L. A ressignificação das atividades na sala de aula. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 1, p. 57-72, 2011.

PEAT, M.; TAYLOR, C. Virtual biology: how well can it replace authentic activities? 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/239815481_Virtual_biology_how_well_can_it_replace_authentic_activities. Acesso em: 02 mar. 2015.

PETROVICH, A. C. I. et al. Temas de difícil ensino e aprendizagem em Ciências e Biologia: experiências de professores em formação durante o período de regência. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 363-373, 2014.

POZO, J. I. A sociedade da aprendizagem e o desafio de converter informação em conhecimento. **Pátio Revista Pedagógica**, ano VIII, n. 31, p. 8-11, ago./out. 2004.

POZO, J. I; POSTIGO, Y. **Los procedimientos como contenidos escolares: uso estratégico de la información**. Barcelona: Edebé, 2000.

RÉ, M. A.; ARENAL, L. E. e GIUBERGIA, M. F. Incorporación de TIC a la enseñanza de la Física. Laboratorios virtuales basados en simulación. **Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación**, n. 8, p. 16-22, 2012.

RICHTER, E.; HERMEL, E. E. S. A Biologia celular nos livros didáticos de Biologia: uma análise histórica do conteúdo (1923-2004). **Revista da SBEnBio**, n. 9, p. 3191-3202, 2016.

ROSITO, B. A. O ensino de Ciências e a experimentação. In: MORAES, R. **Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e Metodológicas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

SANTANA, S. L. C. **Utilização e gestão de laboratórios escolares**. Santa Maria: UFSM, 2011. Dissertação, Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

SERPA, G. R.; FALCÓN, A. L. (2015). La formación de conceptos: una comparación entre los enfoques cognitivista y histórico-cultural. **Edu. Pesq.**, 41 (3), 615-628.

SILVA, Siony. Acessibilidade digital em ambientes virtuais de aprendizagem. **Revista GEINTEC**, São Cristóvão, v. 2, n. 3/ p.245-254, 2012.

SOARES-LEITE, W. S.; NASCIMENTO-RIBEIRO, C. A. A inclusão das TICs na educação brasileira: problemas e desafios. **Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación**, v. 5, n. 10, p. 173-187, 2012.

SUBRAMANIAN, R.; MARSIC, I. **ViBE: Virtual Biology Experiments**. In: Tenth International World Wide Web Conference, mai. 2001, p 316-325. Disponível em: <http://www.ece.rutgers.edu/~marsic/Publications/www10/>. Acesso em: 02 abr. 2016.

TAKAHASHI, T. (Org). Sociedade da Informação no Brasil: **Livro Verde**. Brasília. Ministério da Ciência e Tecnologia. 2000.

TOMAZ JR., O. P.; KLEIN, T. A. S. Concepções sobre Biologia Celular de alunos de Ensino Médio da cidade de Londrina, PR. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, São Paulo, 25-29 nov. 2003. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL106.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2017.

TORRES, P.L.; IRALA, E.A.F. Aprendizagem colaborativa: teoria e prática. In: Torres, P.L. (Org.). **Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento**. Curitiba: Senar, 2014. p.61-93.

TRETIN, M. PERÉZ, C. A. S.; SANTOS, A. V. A Utilização de Laboratórios Virtuais na Melhoria do Processo de Ensino-Aprendizagem. ResearchGate, 2002. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/228766565_A_Utilizacao_de_Laboratorios_Virtuais_na_Melhoria_do_Processo_de_Ensino-Aprendizagem. Acesso em: 21 mar. 2017.

VIEIRA, T. C.; CASTANHO, M. E. Sociedade atual e a Revolução da Informação: ganhos e perdas. **Contrapontos**, v. 8, n. 2, p. 171-185, 2008.

VIEIRA, E.; MEIRELLES, R. M. S.; RODRIGUES, D. C. G. A. O uso de tecnologias no ensino de Química: a experiência do Laboratório Virtual Química Fácil. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Campinas, 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0468-1.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2017.

WALDROP, M. M. The Virtual Lab: Confronted with the explosive popularity of online learning, researchers are seeking new ways to teach the practical skills of science. **Nature**, v. 499, n. 18, p. 268-270, 2013.

WIDODO, A., MARIA, R. A., FITRIANI, A. Constructivist Learning Environment During Virtual and Real Laboratory Activities. **Biosaintifika**, v. 9, n. 1, p. 11-18, 2017.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor and a taxonomy. En: WILEY, D. A. The Instructional Use of Learning Objects: Online Version, 2000. Disponível em: <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. Acesso em: 30 abr. 2016.