

# UFV Virtual Labs: Plataforma colaborativa e supervisionada de laboratórios virtuais de apoio ao ensino-aprendizagem de ciências da natureza e suas tecnologias

Helder Canto Resende<sup>1</sup>, Gláucia Braga e Silva<sup>2</sup>, Daniel Mendes Barbosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde  
Universidade Federal de Viçosa - campus Florestal

<sup>2</sup>Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Universidade Federal de Viçosa - campus Florestal

{helder.resende, glaucia, danielmendes}@ufv.br

**Resumo.** *Com a evolução das tecnologias de informação e comunicação, o modelo de ensino diretivo é desafiado a incorporar modelos participativos. Laboratórios virtuais de aprendizagem favorecem a autonomia e participação discente, viabilizando o acesso a ambientes de aprendizagem muito restritos quando em suas versões reais. Este artigo apresenta uma plataforma de laboratórios virtuais de apoio ao ensino-aprendizagem de ciências da natureza e suas tecnologias. A plataforma compreende dois módulos integrados: um ambiente com simulações de práticas laboratoriais implementadas em Unity 3D; e um ambiente web colaborativo e supervisionado para apoiar a interação entre alunos e professores no planejamento, execução e avaliação de atividades práticas simuladas e no ensino por investigação. Foram realizados dois experimentos, com alunos e professores de cursos de graduação da instituição dos autores, nos quais a plataforma foi bem avaliada pelos usuários, tanto em sua concepção como em sua execução.*

## 1. Introdução

O modelo de ensino diretivo, no qual a sala de aula reproduz a autoridade do professor apresentando conteúdos enquanto o aluno passivamente assiste de sua cadeira, está sendo desafiado a se atualizar para modelos participativos. A atual geração de nativos digitais está desestimulada a aprender em sala de aula com transmissão linear e pouco interativa de conteúdos facilmente acessíveis na internet. Ferramentas computacionais que ofereçam ambientes lúdicos, desafiadores e interativos, aumentam o interesse dos alunos e favorecem o processo educacional [Usman et al. 2021]. Tecnologias para a Educação, especialmente aquelas capazes de facilitar práticas em ciências experimentais contribuem tanto para o ensino remoto quanto para aumentar o engajamento e a qualidade do ensino presencial [Coleman and Hosein 2023].

Neste cenário de transformações e consequente abertura de novas possibilidades de aplicação das tecnologias de informação e comunicação no processo de ensino-aprendizagem, este trabalho apresenta o Ufv Virtual Labs, uma plataforma colaborativa e supervisionada de laboratórios virtuais de apoio ao ensino-aprendizagem de ciências da natureza e suas tecnologias. desenvolvida por um grupo de professores e alunos das áreas de Ciência da Computação e Ciências Biológicas da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal.

Inicialmente, a plataforma disponibiliza simulações 3D de práticas laboratoriais em Genética e Biologia Molecular, voltadas para alunos do ensino superior, com foco no ensino por investigação, mas foi desenvolvida com os requisitos necessários para oferecer simulações nas mais diversas áreas das ciências experimentais, em diferentes níveis de ensino. Nesse sentido, diferencia-se de outras propostas de laboratórios virtuais desenvolvidos exclusivamente para áreas específicas de um determinado nível de ensino. Outro destaque está no ambiente web colaborativo e supervisionado, que permite a disponibilização de recursos pedagógicos de apoio, a interação através de fóruns de discussão, além de funcionalidade ao professor para emitir relatórios sobre as práticas realizadas por seus alunos e avaliar o processo ensino-aprendizagem de forma individualizada.

Nos experimentos realizados até agora, a plataforma foi bem recebida pelos usuários e avaliada como de boa qualidade, sendo elogiada tanto em sua concepção quanto em sua implementação e execução. Dentre os resultados positivos destacam-se: facilidade de se usar os equipamentos e poucos problemas com a detecção de colisões. Para o módulo Simulações, em específico, houve demanda por alguns ajustes em questões de operabilidade e acessibilidade.

A estrutura deste artigo está organizada da seguinte forma: A Seção 2 apresenta o conceito de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem, destacando sua relevância na literatura da área de educação. Em seguida, na Seção 3, enunciam-se os trabalhos relacionados. Na seção 4, apresentam-se os materiais e métodos. Na Seção 5, o UFV Virtual Labs é apresentado em mais detalhes, incluindo os módulos e o design instrucional. Na seção 6, é feita uma discussão sobre os experimentos realizados até o momento. Por fim, na seção 7, são apresentadas a conclusão e trabalhos futuros.

## **2. Laboratórios Virtuais de Aprendizagem - LVAs**

Nos últimos anos, observa-se o esforço e o interesse na pesquisa e desenvolvimento de recursos tecnológicos voltados a apoiar o processo de ensino-aprendizagem nos diferentes níveis de ensino. No contexto das simulações computacionais, destacam-se os Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs), ambientes virtuais nos quais os alunos interagem com representações virtuais que reproduzem o ambiente de um laboratório real [Amaral et al. 2011]. Assim, podem complementar os laboratórios reais em muitas áreas de conhecimentos pois constituem uma alternativa mais viável financeiramente, sem as limitações da aquisição de equipamentos e reagentes de alto custo. Dentre as principais características desejadas em um LVA de apoio ao processo ensino-aprendizagem de Ciências, destacam-se: clareza na apresentação do conteúdo teórico necessário para a realização das atividades didáticas propostas, facilidade de uso, disponibilização de glossário e guias práticos de apoio, uso de recursos audiovisuais de boa qualidade e que apresentem o conteúdo de forma objetiva e dinâmica, e interatividade compatível com a tecnologia utilizada [Leal and Sepel 2017].

[Beraldo et al. 2021] destacam o interesse crescente por laboratórios virtuais no Brasil, mostrando um aumento significativo de trabalhos na área durante a pandemia do coronavírus. LVAs propiciam mais tempo de estudo extraclasse para o aluno, complementando o ensino, além de contornar dificuldades dos laboratórios reais, como: falta de recursos financeiros, de espaço físico e de pessoal técnico. As principais vantagens reportadas na literatura no uso desses laboratórios foram o aprendizado dinâmico, lúdico,

ambiente atrativo, segurança, maior disponibilidade de acesso do laboratório, possibilidade de repetição do experimento e economia de tempo. [Silva et al. 2022] verificaram uma crescente aplicação do uso de LVAs para o ensino de Química no Brasil, resultando em mais envolvimento dos alunos com os conteúdos estudados e aumentando a curiosidade para os fenômenos que foram explorados. No âmbito do ensino da área de Biologia, [Leal and Sepel 2017] identificaram três grupos principais quanto ao conteúdo abordado: (i) os que desenvolvem microscópios virtuais de histologia, compostos por lâminas digitalizadas, textos explicativos ou links de páginas web; (ii) os que promovem a manipulação de equipamentos e aprendizagem de técnicas laboratoriais, principalmente, na área de Biologia Molecular; e (iii) aqueles voltados à dissecação virtual de animais como rãs e coelhos. Foram identificados ainda LVAs com formato web ou de software sobre insetos e biologia celular, apresentando recursos didáticos tais como: simulações, imagens, vídeos, animações, glossário, áudio, texto, links, fórum e quiz.

No cenário internacional, [Chan et al. 2021] relatam que LVAs para o ensino de Química variam desde gráficos simples em 2D até representações sofisticadas em 3D do laboratório real. Os autores concluem que os LVAs podem proporcionar melhores resultados nos domínios de aprendizagem cognitiva, afetiva e baseada em habilidades do que mídias passivas tradicionais, sendo considerados igualmente eficazes e às vezes até melhores do que laboratórios práticos reais. Defendem ainda que um uso mais eficaz é combinar laboratórios virtuais com mídias passivas ou com laboratórios práticos. [Usman et al. 2021] revisaram artigos que compararam a eficácia entre laboratório virtual e laboratório tradicional e concluíram que o uso do LVA possibilita o aprimoramento das habilidades de processo científico dos alunos, tendo a mesma ou até melhor eficácia do que o laboratório tradicional, por ser de fácil acesso, a qualquer tempo, oferecendo flexibilidade para os estudantes realizarem experimentos de acordo com seus níveis de habilidade e ritmos de aprendizagem respectivos. [Siregar et al. 2022] mostraram que LVAs também se tornaram opção de recursos de aprendizagem nas escolas técnicas secundárias profissionalizantes (*Vocational High Schools*).

Com o crescente desenvolvimento e uso de LVAs, um aspecto preocupante também foi revelado: muitos trabalhos dessa área estão focados apenas na parte técnica do projeto, seja em seu desenvolvimento ou em sua apresentação. Ou seja, as questões pedagógicas decorrentes do uso dos LVAs muitas vezes ficam em segundo plano, ou nem mesmo são mencionadas. Portanto, a eficiência em agregar valor ao processo de ensino-aprendizagem geralmente não é medida e nem discutida, sendo que esta deveria ser a questão central [Beraldo et al. 2021]. [Elmoazen et al. 2023] destacam que embora os laboratórios virtuais permitam que os estudantes conduzam seus experimentos remotamente, é um desafio avaliar o progresso e a colaboração dos estudantes usando análise de aprendizagem. [Chan et al. 2021] ressalta que a maioria dos estudos que apresentaram LVAs não considerou teorias de aprendizagem ou suporte instrucional no seu design instrucional. No entanto, segundo os autores, esses elementos são essenciais para gerenciar eficientemente o esforço cognitivo do aluno e fornecer assistência suficiente quando os alunos enfrentam dificuldades.

### **3. Trabalhos Relacionados**

[Coleman and Hosein 2023] investigaram o impacto do uso de simulações na preparação laboratorial na construção do conhecimento conceitual dos alunos. Eles realizaram expe-

rimentos com dois grupos de alunos que cursavam um módulo de eletrônica. Ao analisar as notas dos relatórios laboratoriais para os dois grupos, não houve diferença significativa, mas as notas máximas aumentaram após a introdução das simulações. Os autores observaram que o uso de simulações ajudou os alunos no conhecimento construtivo e na confiança no conhecimento e sugerem seu uso como recurso complementar às práticas laboratoriais. De forma similar, [Papadimitropoulos and Pavlatou 2023] apresentam os resultados com um ambiente de aprendizagem para realizar experimentos Arduino para ensinar ácidos e bases por meio de entidades digitais. Estudos comparativos com alunos de três escolas secundárias gregas, dividiram os alunos em dois subgrupos, um usando as entidades digitais como complemento e o outro não. Os resultados demonstraram que os alunos do primeiro grupo apresentaram maiores ganhos de aprendizagem em relação ao conhecimento declarativo do que os do segundo. O trabalho de [Tuysuz 2010] apresentou o uso de simulações de química relacionadas à “Separação da Matéria” para alunos do 9º ano. Os resultados mostraram que as simulações tiveram efeitos positivos nas realizações e atitudes dos alunos quando comparadas aos métodos de ensino tradicionais. Assim como os trabalhos abordados, este trabalho apresenta uma plataforma para ensino-aprendizagem de ciências da natureza e suas tecnologias que também objetiva fornecer um recurso de apoio às práticas laboratoriais físicas, que espera contribuir para a construção do conhecimento dos alunos numa abordagem de ensino por investigação e experimentação.

[Araújo et al. 2024] desenvolveram um laboratório virtual de instalações elétricas, no formato de um jogo com 9 fases, onde em cada uma delas o usuário deve montar uma determinada instalação elétrica com os elementos disponíveis, como tomadas, sensores de movimento, campainhas e lâmpadas. O jogo fornece *feedbacks* sobre os erros cometidos em tempo real, como um curto circuito, e contabiliza o número total de erros até que se consiga terminar corretamente a instalação elétrica, tendo uma pontuação final. As limitações deste trabalho residem na falta de interação entre os possíveis alunos que estejam jogando, e também entre professor e aluno, visto que possui apenas os *feedbacks* automáticos, e cada aluno joga de maneira independente, sem nenhum tipo de interação.

[Silva et al. 2023] apresentaram um laboratório virtual de Microbiologia, desenvolvido em Unity, onde os estudantes podem simular a realização de experimentos práticos de Isolamento Direto e Isolamento Indireto. O laboratório foi desenvolvido como uma ferramenta de apoio ao ensino da disciplina de Microbiologia. Dentre os trabalhos relacionados, o trabalho de [Silva et al. 2023] é o que mais se aproxima da presente proposta, em especial, no que compete às funcionalidades do módulo Simulações. No entanto, a plataforma UFV Virtual Labs tem como principal diferencial, o módulo Web, que oferece funcionalidades como turmas, atividades propostas e relatórios de desempenho, de forma a promover interação e integração entre alunos e professores no ambiente. De forma geral, uma das principais vantagens em relação aos demais trabalhos é poder integrar, em uma única plataforma, diferentes laboratórios virtuais e simulações nas mais diversas áreas das ciências da natureza e suas tecnologias, de forma escalável.

No que compete à avaliação dos alunos e fornecimento de *feedback* em ambientes virtuais, o sistema desenvolvido por [Leffa 2003] consiste em fazer uma análise automática das respostas dos alunos a questões abertas, dando um *feedback* diversificado para os mesmos. Ainda segundo [Leffa 2003], o *feedback* diversificado pode ser dividido em genérico (informando apenas se a resposta do aluno está correta ou não), situado

(identificando as necessidades específicas do aluno) e estratégico (sugerindo pistas para a construção do sentido do texto). A plataforma UFV Virtual Labs, tem como um de seus objetivos fornecer estes tipos de *feedbacks* para os alunos, seja por meio de suporte instrucional durante a execução da prática, seja via *feedback* do professor, ao analisar os resultados nos relatórios da plataforma.

#### 4. Materiais e Métodos

A plataforma UFV Virtual Labs vem sendo desenvolvida por um grupo de professores e alunos das áreas de Ciência da Computação e Ciências Biológicas da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal. A equipe é formada por 3 docentes e 11 alunos de graduação, sendo 3 bolsistas e 8 voluntários. Utiliza-se uma abordagem de desenvolvimento baseada em algumas adaptações das metodologias ágeis, *Scrum* e *XP (Extreme Programming)*<sup>1</sup>, considerando as particularidades do ambiente acadêmico, como carga horária restrita e alunos em formação, construindo seus conhecimentos e habilidades avançadas em programação.

As funcionalidades da plataforma estão especificadas e modeladas usando a linguagem UML (*Unified Modeling Language*)<sup>2</sup>. Neste artigo, são apresentados dois Diagramas de Casos de Uso para modelar os requisitos funcionais dos dois módulos da plataforma: Web e Simulações.

Do ponto de vista da arquitetura e detalhes técnicos de implementação, o desenvolvimento Web da plataforma abrangeu duas partes distintas: o backend e o frontend. O backend foi desenvolvido em TypeScript<sup>3</sup> com o framework NestJS<sup>4</sup>, em conjunto com o MongoDB<sup>5</sup>, um banco de dados NoSQL. Já o frontend, foi desenvolvido com React.js<sup>6</sup>, também com TypeScript. No que compete à modelagem gráfica dos objetos 3D do laboratório virtual, utilizou-se o Blender<sup>7</sup>, um software de código aberto usado para a criação de modelos 3D e animações. Tais objetos foram então importados no projeto da Unity 3D<sup>8</sup>, motor gráfico utilizado para a construção do ambiente 3D, bem como das práticas laboratoriais. Visto que o UFV Virtual Labs é um sistema web, foi usada então a opção de gerar o projeto em WebGL, de forma que o aluno possa acessar as simulações a partir de um navegador. Cada prática possui um parâmetro com valor diferente na URL, sendo que tais URL's são salvas no módulo web, podendo ser acessadas a partir dele, de forma transparente para o aluno, que é o usuário final.

Com relação à avaliação da plataforma, foram feitos até o momento dois experimentos com o UFV Virtual Labs, que apresentaram a ferramenta para alunos matriculados em cursos de graduação da instituição dos autores. O primeiro deles teve o objetivo de avaliar apenas a usabilidade e a experiência do usuário no laboratório virtual em si, de forma isolada. Já o segundo experimento avaliou a plataforma como um todo, mas em

---

<sup>1</sup> <https://www.infoq.com/br/minibooks/scrum-xp-from-the-trenches/>

<sup>2</sup> <http://www.omg.org/spec/UML/>

<sup>3</sup> <https://www.typescriptlang.org/>

<sup>4</sup> <https://nestjs.com/>

<sup>5</sup> <https://www.mongodb.com/>

<sup>6</sup> <https://pt-br.legacy.reactjs.org/>

<sup>7</sup> <https://www.blender.org/>

<sup>8</sup> <https://unity.com>

um cenário de uso real: um minicurso oferecido em um evento acadêmico da própria instituição.

## 5. A Plataforma

O UFV Virtual Labs é uma plataforma de laboratórios virtuais de apoio ao ensino-aprendizagem de ciências da natureza e suas tecnologias, que abrange dois módulos: um módulo Simulações, com práticas laboratoriais implementadas em Unity 3D; e um módulo Web, que oferece um ambiente colaborativo e supervisionado para apoiar a interação entre alunos e professores no planejamento, execução e avaliação de atividades práticas e sequências de ensino investigativo.

### 5.1. Módulo Simulações

O módulo Simulações objetiva implementar um ambiente virtual em 3D com práticas laboratoriais simuladas. Esse ambiente busca representar um laboratório real, sendo composto por bancadas e um conjunto de equipamentos/instrumentos de laboratórios. Os equipamentos consistem em objetos interativos que junto com a capacidade do usuário de se movimentar pelo espaço do laboratório, possibilita a execução de práticas laboratoriais. Esse módulo foi o primeiro a ser implementado na plataforma. Todas as outras funcionalidades, incluindo o módulo Web, foram desenvolvidos em função deste. As principais funcionalidades do módulo Simulações podem ser visualizadas no Diagrama de Casos de Uso da Figura 1.

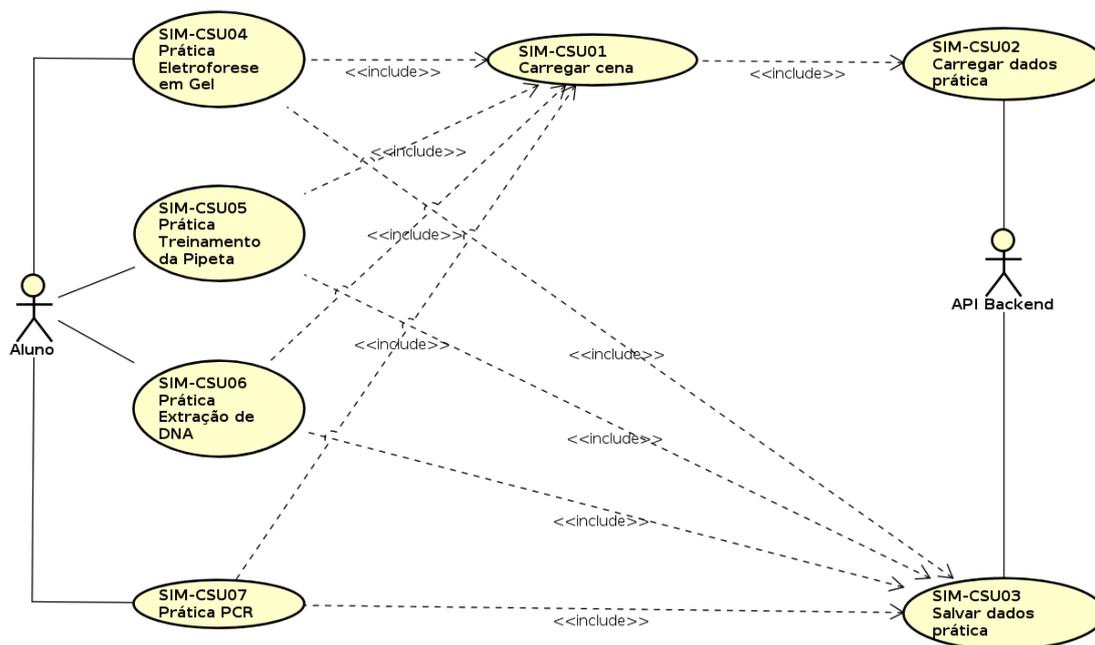


Figura 1. Casos de Uso do Módulo Simulações

O ator *Aluno* tem uma visão em primeira pessoa deste ambiente, movimentando-se de uma maneira semelhante a um típico jogo digital em 3D com este tipo de visão, utilizando-se das teclas W, A, S e D para se movimentar e do mouse para movimentar a câmera, ou seja, a visão que se tem do ambiente.

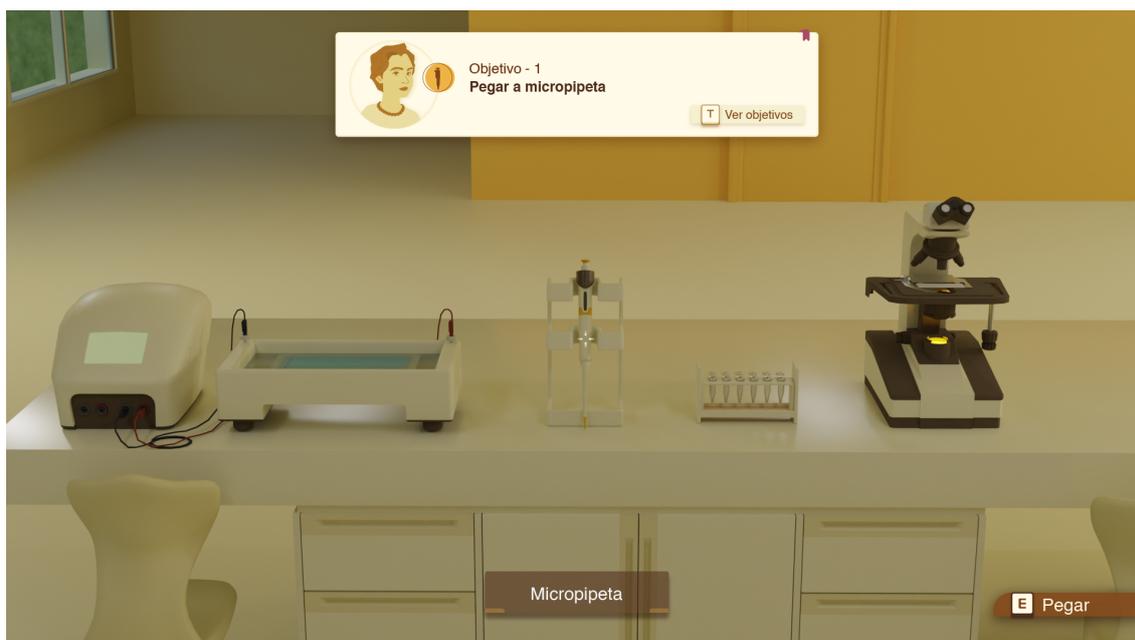
Na versão apresentada neste trabalho, o módulo Simulações contempla quatro práticas laboratoriais na área de Genética e Biologia Molecular, voltadas para o ensino superior, sendo *Treinamento da Pipeta* (SIM-CSU05), *Extração de DNA* (SIM-CSU06), *PCR* (SIM-CSU07) e *Eletroforese em Gel* (SIM-CSU04). Uma prática laboratorial é definida a partir de um conjunto de passos pré-estabelecidos a serem seguidos pelo Aluno, sendo que cada passo consiste em um par ação-objeto, ou seja, qual ação deve ser feita e com qual objeto, onde objetos são equipamentos no laboratório. Para cada passo, são exibidas orientações sobre o que o Aluno precisa fazer. Quando o Aluno se aproxima de determinado objeto, aparecem também instruções de como utilizá-lo, ou seja, quais são as ações possíveis e quais teclas as realizam. Ao realizar corretamente aquele passo, as instruções para o próximo passo já aparecem na tela, até que o usuário conclua todos os passos da prática que estiver realizando. Cada prática laboratorial carrega os objetos necessários no ambiente (SIM-CSU01 Carregar Cena), além de carregar os passos ação-objeto definidos para tal prática (SIM-CSU02 Carregar dados prática). Para isso, são feitas requisições à API do *Backend* da aplicação, que busca as informações na base de dados. De posse dos dados obtidos, são carregados os elementos a serem utilizados na prática especificada e constrói-se um roteiro a ser realizado a partir do conjunto de passos definidos, dentro do projeto construído com a Unity 3D.

Os objetos utilizados nas práticas representam equipamentos que incluem, *centrífuga*, *espectrofotômetro*, *microscópio*, *micropipeta*, *sistema de eletroforese*, *termociclador*, *vórtex*, dentre outros. Esses objetos permitem a interação do Aluno, a partir de comandos do teclado, com instruções possíveis de serem executadas informadas por meio de elementos visuais. Quando necessário na execução da prática, objetos podem ser transportados pelo ambiente do laboratório, possibilitando a interação com outros equipamentos. A Figura 2 apresenta um exemplo dos objetos gráficos presentes no módulo Simulações. Da esquerda para a direita, tem-se sobre a bancada: o sistema de eletroforese; a micropipeta no seu suporte; o porta microtubos; e o microscópio. Na Figura 2, também é possível observar o uso de interfaces de suporte instrucional, chamadas HUD (*Heads Up Display*). Essas interfaces acompanham a visão do aluno. O componente no topo-centro da visão do usuário representa o professor<sup>9</sup> comunicando ao aluno como prosseguir para avançar para o próximo passo da prática. Nesse mesmo componente, também há a informação da tecla responsável por abrir a lista de todas as etapas que foram e devem ser feitas para a prática em execução. No canto inferior direito, aparecem os rótulos das possíveis interações com os equipamentos, assim como qual tecla irá acionar essa interação. Por fim, no centro da tela fica localizado o cursor para a orientar o Aluno sobre a posição de sua próxima interação, que neste exemplo seria com a micropipeta, cujo nome aparece em uma interface no centro inferior da tela.

## 5.2. Módulo Web

O módulo Web foi criado com o objetivo de permitir que os diversos usuários interajam entre si e com a utilização das práticas laboratoriais e de outros recursos pedagógicos complementares. Ele possui 4 tipos de usuário: o usuário comum, que não possui login, pode acessar apenas a parte pública da aplicação; o usuário Administrador, responsável por vários cadastros na plataforma, tais como disciplinas, aulas, recursos pedagógicos,

<sup>9</sup>Nesta prática, a interface contém uma representação de uma professora - Rosa - uma homenagem à Rosalind Franklin, química britânica que contribuiu para o entendimento da estrutura molecular do DNA.



**Figura 2. Interface do Módulo Simulações com exemplos de objetos gráficos representando os equipamentos**

práticas laboratoriais; o usuário Professor, capaz de formar turmas de alunos, propor atividades, criar fóruns e analisar os relatórios do sistema; e o usuário Aluno, que pode acessar as atividades, as simulações e fóruns de sua turma. A Figura 3 mostra a modelagem de casos de uso do módulo Web. Ressalta-se que os casos de uso para o ator Administrador não foram apresentados aqui para simplificar o diagrama, uma vez que eles compreendem apenas casos de uso do tipo CRUD (*Create, Read, Update, Delete*).

O módulo Web permite que os professores criem suas turmas e proponham atividades para as mesmas. Cada atividade proposta consiste de alguns recursos pedagógicos, que podem ser adicionados à atividade. Tais recursos podem ser arquivos de texto, links para vídeo-aulas ou práticas laboratoriais (simulações) do UFV Virtual Labs. Os alunos, por sua vez, têm acesso às atividades das turmas (WEB-CSU11 Realizar atividade proposta da turma) em que estão cadastrados, tendo acesso a partir delas aos recursos pedagógicos. Quando o aluno abre um recurso pedagógico do tipo prática (WEB-CSU12 Realizar prática simulada), ele pode então realizar a respectiva prática. A Figura 4 ilustra a interface de Atividades Propostas através da visão do Aluno.

Após a realização das atividades pelos seus alunos, o professor tem acesso a um relatório da prática laboratorial associada àquela atividade, como apresentado na Figura 5. Nesse relatório, são exibidos os passos que cada aluno conseguiu completar com sucesso da prática em questão. Alunos e professores ainda podem interagir no módulo Web por meio de fóruns (casos de uso WEB-CSU07, WEB-CSU08 e WEB-CSU09), que possibilitam a discussão em torno de problemas apresentados em atividades investigativas, discussão de hipóteses, trocas sobre como realizar experimentos, assistência aos alunos que enfrentam dificuldades e apresentação de conclusões, estimulando a escrita autoral e clareza de ideias expostas.

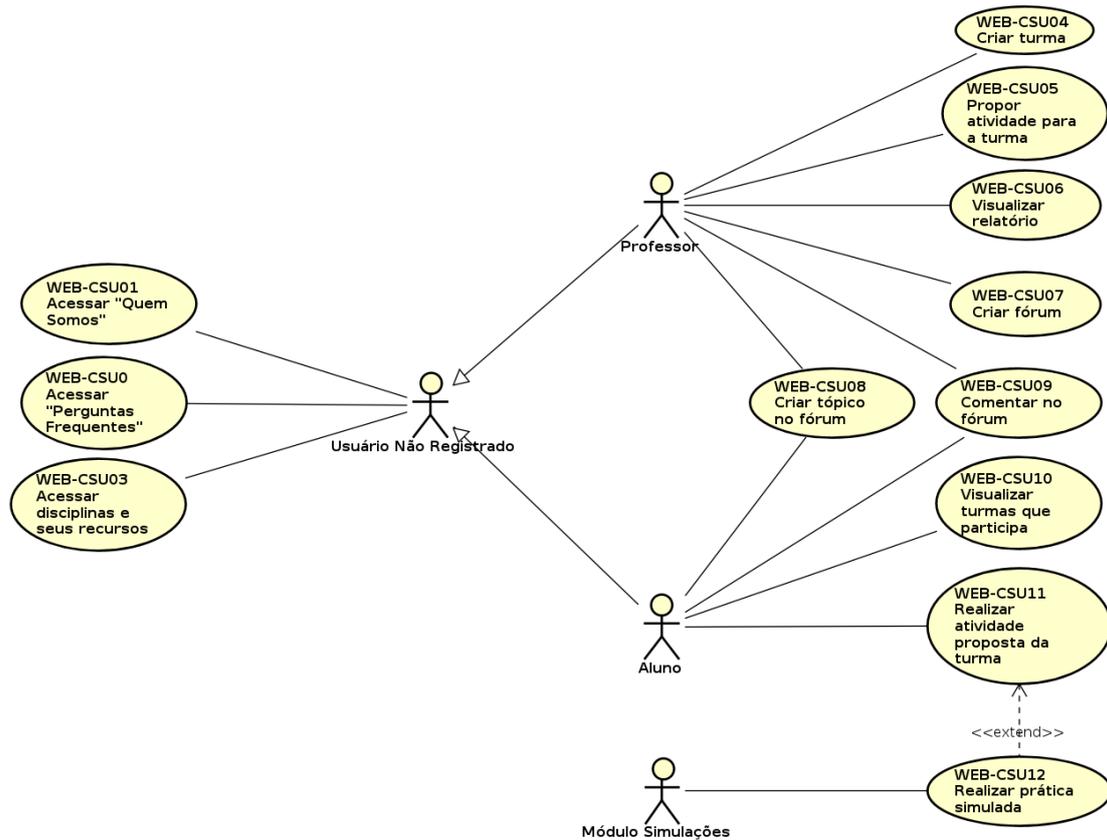


Figura 3. Casos de Uso do Módulo Web

### 5.3. Integração entre os Módulos

Os módulos Simulações e Web interagem entre si em três momentos: (1) quando o professor configura uma atividade proposta para uma turma, incluindo simulações de práticas laboratoriais como um dos recursos pedagógicos; (2) quando cada um dos alunos desta turma realiza a prática (simulação) prevista na atividade; e (3) na geração dos relatórios de acompanhamento das atividades realizadas, incluindo o desempenho dos alunos na execução de cada simulação.

Os dois módulos compartilham a mesma base de dados para persistência das informações referentes às configurações das práticas laboratoriais e todas as execuções das mesmas realizadas pelos alunos. Na versão atual, a persistência está implementada no MongoDB e a comunicação entre os módulos ocorre com requisições à API do backend. Inicialmente, para que as cenas de cada prática sejam carregadas, no módulo Simulações, é preciso carregar, do banco de dados, o roteiro e os passos ação-objeto definidos para a mesma (SIM-CSU02 Carregar dados prática). No módulo Web, as simulações são acessadas por uma URL inserida no momento de configuração de uma atividade proposta (WEB-CSU05 Propor atividade para a turma). A partir daí, a cada execução de uma prática (simulação), os passos executados pelo aluno são salvos ao final no banco de dados (SIM-CSU03 Salvar dados prática). Por fim, para cada turma, o professor pode visualizar os relatórios com as execuções dos alunos (WEB-CSU06 Visualizar relatório), de forma a verificar o desempenho dos mesmos.



Figura 4. Interface de Atividades Propostas

#### 5.4. Design Instrucional e Design de Interação com foco na Aprendizagem

O design instrucional foi desenvolvido tendo por referencial os fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. Atividades investigativas e sequências de ensino investigativo (SEI) desenvolvem conteúdos ou temas científicos, com engajamento do aluno na resolução de um problema, construindo planos de trabalho, coleta e análise de dados, discussão de variáveis relevantes e conclusões das situações investigadas [Carvalho 2018, Sasseron 2015]. A abordagem da aprendizagem construtivista, tendo por fundamentos as teorias construtivistas de Piaget e Vygotsky, são utilizadas em LVAs onde os alunos são estimulados a realizar uma investigação e requer que sigam o processo científico de formular perguntas; formular hipóteses sobre o resultado; investigar e analisar evidências; explicar os achados; e avaliar seus argumentos [Chan et al. 2021, Kebritchi and Hirumi 2008].

Nesse contexto, a integração dos módulos Simulações e Web favorece o ensino por investigação com uma efetiva participação do aluno na construção do conhecimento. O módulo Simulações serve de apoio à execução de SEIs, como um laboratório aberto onde o aluno poderá testar suas hipóteses e realizar seus experimentos; o módulo Web, colaborativo e supervisionado, permite a interação entre professor e alunos, apresentando o problema, discutindo as hipóteses, supervisionando os experimentos e discutindo conclusões.

O design de interação foi elaborado com base nas recomendações de [Leal and Sepel 2017], incluindo os seguintes requisitos não-funcionais: a) apresentação, no módulo Web, de recursos pedagógicos de apoio, tais como: textos, roteiros e vídeos; b) a disponibilização de interfaces com suporte instrucional de apoio, de forma a facilitar o uso do ambiente e conduzir o aluno na execução das práticas; c) uso de recursos audiovisuais de boa qualidade, para proporcionar imersão ao aluno; e d) interatividade compatível



Figura 5. Interface de Relatórios

com outras aplicações desenvolvidas utilizando Unity, especialmente, em jogos digitais. Também foram incluídos elementos de suporte instrucional, como auxílio para o processamento cognitivo do aluno no laboratório virtual [Wouters and van Oostendorp 2013] Para isso, foram incluídos personagens que figuram como instrutores e fornecem assistência necessária para a execução das práticas no LVA, além de dicas para acessar glossário e recursos didáticos de apoio à construção do conhecimento.

## 6. Experimentos

Para o primeiro experimento, apenas o módulo Simulações foi avaliado, uma vez que o módulo Web ainda estava sendo finalizado. Nele, foram escolhidas duas práticas laboratoriais: *Eletroforese em Gel* (SIM-CSU04) e *Treinamento da Pipeta* (SIM-CSU05). Esse experimento abrangeu a avaliação da qualidade do módulo Simulações, no que compete à usabilidade e à experiência do usuário. Para isso, foi utilizado o modelo MEEGA+[Petri et al. 2018], com aplicação de um questionário<sup>10</sup> com quatro perguntas sobre dados demográficos, 35 perguntas fechadas, e três perguntas abertas. As respostas do questionário foram submetidas a análises estatísticas por meio de um *script* em R. Participaram desse experimento 16 alunos do sétimo período do curso de Ciências Biológicas da instituição dos autores. Os resultados revelaram que o módulo Simulações foi avaliado como de boa qualidade, mas surgiram recomendações de melhoria em algumas questões de operabilidade e acessibilidade das simulações.

No segundo experimento, a plataforma foi testada como um todo, incluindo os módulos Simulações e Web, por meio de um minicurso oferecido em um evento acadêmico, com a participação de 12 alunos matriculados em cursos de Licenciatura em

<sup>10</sup><http://www.gqs.ufsc.br/files/2020/02/Questionario-Avalia%C3%A7%C3%A3o-Jogos-portugues-v2018.docx>

Ciências Biológicas e Licenciatura em Química da instituição dos autores. O minicurso tinha o objetivo de ser uma introdução a práticas laboratoriais da área de Biologia, mas foi oferecido em um laboratório de informática, com um participante por computador. O professor da área fez uma exposição dos conceitos envolvidos e dos objetivos de cada prática, e em seguida os participantes acessaram o UFV Virtual Labs para realizar a prática de maneira virtual. Esse experimento apresentou a plataforma para uma fatia mais diversificada da comunidade acadêmica, sendo alunos de diferentes períodos de seus cursos, e que não participaram do experimento anterior. O uso da plataforma pode então ser observado pelos autores deste trabalho, e o *feedback* dos participantes foi fundamental para identificar melhorias. Alguns resultados positivos deste experimento podem ser destacados, tais como: facilidade de se usar equipamentos, como a micropipeta, com controles bem intuitivos; poucos problemas com a detecção de colisões, no que diz respeito a aproximar e ter acesso aos equipamentos e também a não ficar preso na movimentação pelo laboratório. Apesar de nenhum participante classificar a movimentação pelo laboratório como difícil, muitos reportaram uma sensibilidade excessiva do mouse, ou seja, da movimentação da câmera. Isso foi importante para se encontrar uma calibração mais adequada para esta funcionalidade.

## 7. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou o UFV Virtual Labs, uma plataforma de laboratórios virtuais de apoio ao ensino-aprendizagem de ciências da natureza e suas tecnologias. Dentre os diferenciais da plataforma, destacam-se: possuir dois módulos, integrando as simulações em 3D com um ambiente web de interação e comunicação; ser escalável, agregando diferentes LVAs e simulações de diversas áreas das Ciências em uma mesma plataforma acessada por um mesmo ambiente Web; dar *feedbacks* personalizados para os alunos, durante e após a realização das práticas; permitir ao professor propor atividades específicas a seus alunos, explorando diversos recursos pedagógicos, incluindo as práticas em 3D e sequências de ensino investigativo; gerar relatórios para o professor sobre a execução das práticas realizadas pelos alunos, de forma individualizada.

Nos experimentos realizados até o momento, a plataforma foi bem recebida, sendo elogiada em sua concepção e implementação. A partir destes experimentos, algumas funcionalidades da plataforma foram aperfeiçoadas, com destaque para ajustes na movimentação da câmera, inclusão de suporte instrucional quanto aos passos de cada prática e interações com equipamentos.

Como trabalhos futuros, estão sendo desenvolvidas novas práticas com simulações 3D, incluindo experimentos de Biologia, Física e Química baseados em sequências de ensino investigativo. O Microscópio Virtual, já em fase de teste, permitirá a execução de práticas nas áreas de anatomia vegetal, biologia celular, genética e microbiologia. A implementação de novas simulações está focada na otimização, com o reuso sempre que possível, de componentes já existentes na plataforma. Os cenários simulados estão sendo refinados em seu *design* e *layout* de telas, visando a melhoria da experiência imersiva e do processo ensino-aprendizagem, aprimorando interações que favoreçam o ensino por investigação. Há previsão de incluir funcionalidade de recomendações automáticas, auxiliando o professor na elaboração de atividades. Por fim, pretende-se disponibilizar práticas mais rápidas, envolvendo conceitos básicos, de forma a ampliar o público-alvo para alunos dos Ensinos Fundamental II e Médio.

## Referências

- Amaral, E., Ávila, B., Zednik, H., and Tarouco, L. (2011). Laboratório virtual de aprendizagem: Uma proposta taxonômica. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 9(2).
- Araújo, J., Guimarães, R., Silva, C., and Silva, H. (2024). Virtual environment for assisting learning of residential electrical installations. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, PP:1–1.
- Beraldo, A. L. S., Oliveira, T., and Stringhini, D. (2021). Laboratórios remotos e virtuais no brasil com foco no ensino: Uma revisão sistemática da literatura. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 19(1):330–340.
- Carvalho, A. M. P. d. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3):765–794.
- Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J.-L., and Bernaerts, K. (2021). Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design. *Computers and Education Open*, 2:100053.
- Coleman, P. and Hosein, A. (2023). Using voluntary laboratory simulations as preparatory tasks to improve conceptual knowledge and engagement. *European Journal of Engineering Education*, 48(5):899–912.
- Elmoazen, R., Saqr, M., Khalil, M., and Wasson, B. (2023). Learning analytics in virtual laboratories: a systematic literature review of empirical research. *Smart Learn. Environ.*, 10(1).
- Kebritchi, M. and Hirumi, A. (2008). Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games. *Computers Education*, 51:1729–1743.
- Leal, A. J. and Sepel, L. M. N. (2017). A inclusão digital no ensino de ciências: analisando laboratórios virtuais de aprendizagem. *Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia*, 6(1).
- Leffa, V. J. (2003). Análise automática da resposta do aluno em ambiente virtual. *Revista Brasileira de Linguística Aplicada*, 3(2):25–40.
- Papadimitropoulos, N. and Pavlatou, E. (2023). Exploring learning outcomes of science experiments using physical instrument and substances assisted by digital entities. *Interactive Learning Environments*, 31(7):4555–4571.
- Petri, G. et al. (2018). *A method for the evaluation of the quality of games for computing education*. PhD thesis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.*, 17(spe).
- Silva, A., Ribeiro, M., and Silva, A. (2023). Laboratório virtual de microbiologia: uma ferramenta de apoio para execução de experimentos práticos. In *Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 728–737, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

- Silva, C. R. M., Vasconcelos, F. H. L., and Silva, M. G. V. (2022). Laboratórios virtuais no ensino de química: uma revisão sistemática da literatura. *Conexões - Ciência e Tecnologia*, 16:e022019.
- Siregar, E., Kusumawardani, D., and Bunyamin, E. M. (2022). Virtual laboratory for practical learning in vocational education using nine events of instruction approach. *Journal of Education Research and Evaluation*, 6(3):457–467.
- Tuysuz, C. (2010). The effect of the virtual laboratory on students' achievement and attitude in chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2.
- Usman, M., Suyanta, and Huda, K. (2021). Virtual lab as distance learning media to enhance student's science process skill during the covid-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1):012126.
- Wouters, P. and van Oostendorp, H. (2013). A meta-analytic review of the role of instructional support in game-based learning. *Computers Education*, 60(1):412–425.