

EspecLab: Utilizando Realidade Virtual para o Ensino de Química

Wagner Queiroz

Departamento de Computação
Universidade Federal do Amazonas
Itacoatiara/AM - Brasil
wagner.mps1@gmail.com

Thiago Braga

Departamento de Computação
Universidade Federal do Amazonas
Itacoatiara/AM - Brasil
thiagobraga29@gmail.com

Alex Ramos

Departamento de Computação
Universidade Federal do Amazonas
Itacoatiara/AM - Brasil
alexplanc@yahoo.com.br

Priscila Fernandes

Departamento de Computação
Universidade Federal do Amazonas
Itacoatiara/AM - Brasil
pry.bila@gmail.com

Bruno Bonifácio

Departamento de Computação
Universidade Federal do Amazonas
Itacoatiara/AM - Brasil
brunoboni@gmail.com

ABSTRACT

Computing is an inherently multidisciplinary area, since it has application in various sectors of human, social and educational activity. This paper presents the use of Virtual Reality to create a simulator for teaching in the field of Chemistry, more specifically the spectrophotometry technique. The goal of the simulator is to aid in the learning of the technique by students. It is expected to lower costs on devices and reagents used in chemical experiments and provide a good learning experience. The initial results show important contributions in the teaching-learning process of undergraduate students.

RESUMO

A Computação é inerentemente multidisciplinar, uma vez que tem aplicação em vários setores da atividade humana, social e educacional. O presente artigo apresenta o uso de Realidade Virtual para criação de um simulador para o ensino na área de Química, mais especificamente da técnica espectrofotometria. O objetivo do simulador é auxiliar no aprendizado de estudantes na técnica. Espera-se com isso diminuir os custos sobre aparelhos e reagentes utilizados nos experimentos químicos e proporcionar uma boa experiência de aprendizado. Os resultados iniciais mostram importantes contribuições no processo de ensino-aprendizagem de estudantes de graduação.

Categories and Subject Descriptors

D.3.3 [Programming Languages]: Language Constructs and Features – *abstract data types, polymorphism, control structures*. This is just an example, please use the correct category and subject descriptors for your submission. The ACM Computing Classification Scheme: <http://www.acm.org/about/class/2012>

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference'10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.
Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

General Terms

Your general terms must be any of the following 16 designated terms: Algorithms, Management, Measurement, Documentation, Performance, Design, Economics, Reliability, Experimentation, Security, Human Factors, Standardization, Languages, Theory, Legal Aspects, Verification.

Keywords

Simulação, Laboratório Virtual, Experimentação, Espectrofotometria.

1. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica atual tem contribuído tanto para o acesso a informação quanto para o surgimento de novos meios de comunicação. Devendo-se então refletir sobre as novas tecnologias e o modo sobre como elas influenciam a sociedade e consequentemente a educação [6]. A computação por sua vez, devido a sua natureza multidisciplinar, permeia outras áreas de conhecimento [9].

Diante desse cenário, torna-se possível desenvolver modelos de ensino e pesquisa que visem à formação profissional. Aplicando a Computação em diferentes áreas, estimulando o pensamento crítico, a habilidade de solução de problemas e a aprendizagem de conceitos fundamentais com melhor eficácia e custo-benefício [2].

Na área de Química e Biologia, as aulas práticas, realizadas em laboratórios são essenciais para o aprendizado dos estudantes, sendo necessário o uso de reagentes e aparelhos específicos da área para realização de experimentos práticos. No entanto, grande parte das instituições e centros de ensino não possui infraestrutura adequada para realização destas atividades práticas, devido ao custo elevado de equipamentos, amostras e substâncias que normalmente são usadas para demonstrações de tais experimentos. Esse cenário acaba restringindo as aulas práticas no ensino de Química e Biologia, uma vez que os estudantes acabam focando apenas em conceitos da área, sem ter o manuseio dos equipamentos e métodos de análise dos dados de forma prática [10].

Nesse contexto, a Computação se apresenta como uma alternativa para a criação de um ambiente mais dinâmico de ensino, por meio das novas tecnologias como a Realidade Virtual (RV). A RV consiste na criação de ambientes virtuais, a partir da representação de objetos do mundo real em gráficos de três dimensões (3D), oferecendo uma aproximação da realidade [2]. Por essa razão, a RV pode favorecer o processo de ensino-aprendizagem, à medida que permite recriar situações difíceis de se reproduzir. Além de tornar possível a realização de experimentos de forma virtual, facilitando o entendimento de conceitos teóricos, minimizando dificuldades pelos estudantes e os custos de implantação de laboratórios físicos pelas instituições de ensino. A efetividade do uso de laboratórios virtuais já é

Este trabalho apresenta a modelagem, o desenvolvimento e a avaliação de um laboratório virtual, o EspecLab. Um laboratório virtual é definido como um ambiente de desenvolvimento interativo para criar e realizar experiências simuladas [1]. Sendo inicialmente desenvolvido especificamente para a realização de um experimento da área de Química, a análise espectrofotométrica. O objetivo do simulador é mostrar de forma fidedigna os equipamentos e a metodologia necessários para realização deste experimento. As características da RV permitem a criação de ambientes tridimensionais de forma interativa, inserindo os estudantes em um ambiente seguro, mais dinâmico e sem custos.

Os procedimentos metodológicos usados para o desenvolvimento desta pesquisa foram baseados na abordagem definida por XXX [7]. Esta metodologia é utilizada na definição de novas tecnologias de software e consiste dos seguintes passos: (1) Revisão detalhada da literatura, para identificar e avaliar, de forma sistemática, as principais abordagens para realidade virtual de aprendizagem, bem como conceitos norteadores da técnica espectrofotometria; (2) Modelagem do cenário para criação do ambiente virtual, para selecionar e modelar os equipamentos, substâncias e cenários para realização dos experimentos, dentro do ambiente imersivo. (3) Desenvolvimento dos cenários definidos na etapa anterior, bem como toda a programação para realização do experimento, por meio do auxílio de tecnologias de desenvolvimento 3D; e (4) Realização de estudos experimentais para avaliação da solução. Este artigo apresenta um estudo qualitativo, que avalia o uso do EspecLab, por meio de avaliação de usabilidade com estudantes da área de Química.

Os resultados obtidos demonstram a utilidade do EspecLab como ferramenta complementar de ensino da técnica espectrofotométrica. Estes resultados reafirmam importantes indícios de que é possível aprender com um simulador, levando uma perspectiva nova de ensino aos estudantes que não haviam tido contato com a análise espectrofotométrica real no instituto, permitindo maior efetividade no aprendizado. Além disso, o artigo discute sobre a utilização da Computação para facilitar o ensino da área de Química e Biologia, por meio de tecnologias de software.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica e trabalhos relacionados, que focam em iniciativas para construção de tecnologias de software, específicos para o público-alvo deste trabalho. A Seção 3 apresenta o ambiente virtual EspecLab proposto neste artigo, assim como o processo de desenvolvimento. A Seção 4 descreve o estudo experimental realizado, assim como os resultados obtidos em relação à experiência dos participantes. E por fim, a Seção 5

descreve as considerações finais, lições aprendidas e dificuldades encontradas, e ainda os trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados

Esta seção descreve os conceitos inerentes a esta pesquisa, assim como os trabalhos relacionados propostos na literatura.

2.1. Realidade Virtual

A Realidade Virtual (RV) é uma interface de usuário avançada que proporciona a visualização, movimentação e interação do usuário em tempo real em ambientes tridimensionais criados por computador [5]. A visão é importante quando se trata de aplicações feitas em realidade virtual, mas outros sentidos, como tato e audição também costumam ser usados a fim de enriquecer a experiência do usuário dependendo da aplicação [2]. O usuário se torna mais engajado ao interagir com um ambiente, onde as suas ações são interpretadas visualmente como na realidade virtual [5, 3].

2.2. Técnica Espectrofotometria

Na área de Química e Biologia, qualquer técnica que utilize luz para medir concentrações de espécies químicas é chamada de espectrofotometria. O aparelho utilizado nesta técnica é denominado espectrofotômetro. Este aparelho utiliza luz para medir concentrações de espécies químicas [4]. De forma básica, o espectrofotômetro consiste em passar um feixe de luz através da amostra e fazer a mensuração da intensidade da luz que atinge o detector [11].

O espectrofotômetro, em geral, contém quatro componentes principais: (1) fonte de radiação (lâmpadas incandescentes), (2) monocromador (dispositivos que tem como função a seleção do comprimento de onda para a análise), (3) recipiente com as soluções analisadas (cubetas retangulares de vidro ou quartzo com faces óticas perfeitamente polidas, planas e transparentes) e (4) detectores e indicadores de sinal. A resposta do aparelho é indicada por um galvanômetro analógico ou digital, responsável por registrar a porcentagem de transmitância e/ou absorvância da solução analisada, em função do comprimento de onda [13].

O espectrofotômetro possui muitas aplicações e está presente em várias áreas, como a Química, Bioquímica, Física e Biologia Molecular [13]. Um exemplo da aplicação desta técnica é a identificação de elementos contaminantes na água potável, no intuito de se buscar por resíduos de metais os quais são cancerígenos.

2.3. Trabalhos Relacionados

Os trabalhos relacionados foram classificados de maneira a apresentar os softwares educacionais já existentes no ensino das ciências, assim como os que auxiliam na aprendizagem de química.

XXX *et al.* [9] propõem o ILaboratory, um laboratório de química em VR que tem como proposta auxiliar determinados experimentos, como teste de chama (para identificação de cátions), reação de precipitação (utilizada para identificar a solubilidade das misturas de substâncias) e formação acetato de chumbo. O jogo foi desenvolvido para dispositivos móveis, disponível para iOS da Apple. Pensando se em se atingir um público diferente, pensou-se então em portar o EspecLab para dispositivos Android em contrapartida.

O trabalho de XXX *et al.* [4] propõe o Laboratório virtual de Química para simulação da geometria molecular. O simulador segue o formato de um simulador educativo que tem como objetivo demonstrar a geometria molecular e a maneira como os átomos de uma molécula estão organizados sobre uma estrutura espacial. Os autores utilizaram o modelador Blender 3D. Sendo a partir do relato de uso do modelador, que se optou então pelo uso da ferramenta pelo presente trabalho. A próxima seção descreve o desenvolvimento do ambiente EspecLab.

3. O Ambiente Virtual EspecLab

O EspecLab possui funcionalidades voltadas ao ensino de procedimentos inerentes a análise espectrofotométrica. Afim de se manter o caráter de ensino, cada ação ou objeto na cena apresenta informações, e sua relação com a espectrofotometria e a execução do experimento. Entre as funcionalidades pode se destacar a escolha de diferentes tipos de soluções pelo usuário, permitir a interação com diferentes recursos do experimento, e a utilização do espectrofotômetro.

Para identificação dos requisitos do EspecLab foi realizado um brainstorming e prototipação a fim de englobar as necessidades do público alvo. O qual é composto por estudantes de química, que estejam iniciando o aprendizado na técnica de análise espectrofotométrica e a função dos diversos materiais que compõem o laboratório de química.

Foram identificados os materiais usados no teste espectrofotométrico; a visualização de todos os objetos no laboratório virtual, além de itens com a descrição de cada objeto. Para melhor interatividade, o EspecLab possui navegação pelo laboratório virtual. No entanto, o foco do simulador é a visualização em 3D da máquina de espectrofotometria e a execução do experimento, mostrando todos os materiais utilizados, tais como os reagentes e vidrarias.

Para interação do usuário com o simulador foi feito uma entrevista com um químico responsável pelo laboratório para identificar todas as etapas que contemplam os experimentos espectrofotométricos. Para desenvolver o simulador EspecLab foram listados diversas Game Engines que pudessem atender as necessidades do projeto, optou-se então pela utilização do motor de jogos Unity, dado que este possuía as políticas de publicação mais amigáveis. Para a modelagem dos modelos 3D optou-se pelo software Blender, que além de ser um software livre, é uma ferramenta flexível para programação de objetos criados no ambiente virtual, e já apresentou ser eficaz em outro trabalho [4].

Para a utilização do EspecLab primeiramente o usuário deve preparar as soluções a serem utilizadas, antes de realizar a análise assim como em um experimento real. Para isso o estudante seleciona a solução para análise desejada em uma lista que possui substâncias como: Ferro Fenatrolina, Ácido Oxálico, Permanganato de Potássio, Cloreto de Alumínio, assim como as vidrarias e a quantidade de reagente que o estudante deseja utilizar no experimento. A Figura 1 apresenta o EspecLab.

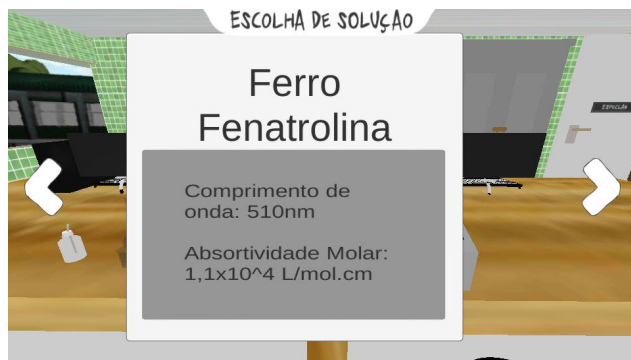


Figura 1. Distribuição da frequência com que os alunos jogam.

As vidrarias disponíveis no simulador são apresentadas conforme mostra a Figura 2. Uma das funcionalidades propostas foi a de permitir que o usuário selecionar o que melhor se adequar ao seu experimento, podendo assim iniciar a preparação da substância dentro do ambiente virtual.



Figura 2. Distribuição da frequência com que os alunos jogam.

A Figura 3 apresenta a etapa de preparação, sendo está uma das mais importantes etapas doo experimento, buscou-se detalhar cada movimento. De forma que apresenta ao usuário a maneira correta de manusear as vidrarias selecionadas, até que está possa ser inserida no espectrofotômetro.

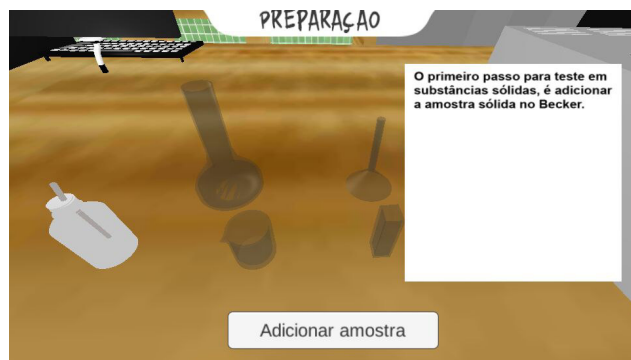


Figura 3. Distribuição da frequência com que os alunos jogam.

Antes de realizar o experimento com a solução selecionada, é feito uma calibragem do aparelho espectrofotômetro. Na etapa de calibragem do simulador, que é feita automaticamente, é mostrado uma explicação do processo e sua importância, assim como uma breve explicação do funcionamento dos cálculos espectrofotométricos, como mostra a Figura 3.

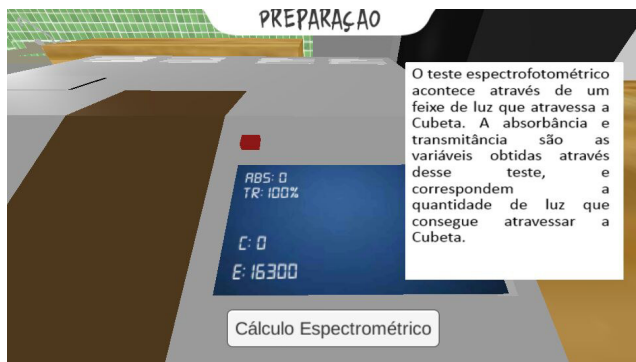


Figura 4. Distribuição da frequência com que os alunos jogam.

Os valores iniciais da máquina espectrofotométrica e uma definição de cada variável do aparelho são ilustrados na Figura 4. O valor da absorbância (Figura 5) define a concentração da substância testada, quanto maior o valor, mais concentrado é a solução, quanto menor o valor mais diluído é a solução.

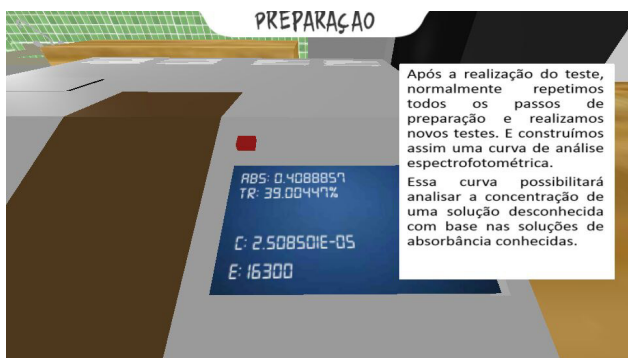


Figura 5. Distribuição da frequência com que os alunos jogam.

4. Realização do Estudo Experimental

As informações dos participantes foram coletadas, por meio de um documento de caracterização do usuário. Tendo como função de avaliar o nível de conhecimento teórico e prático dos usuários em relação a espectrofotometria, e ainda a familiaridade dos mesmos com outras tecnologias de RV.

Após a coleta de dados dos participantes, foi feita uma pesquisa qualitativa com os participantes utilizando um questionário pós-teste. As perguntas do questionário pós-teste foram adaptadas do modelo Technology Acceptance Model – TAM [8] para que os usuários pudessem expressar suas percepções relacionadas a facilidade de uso e utilidade do simulador como ferramenta de ensino. A fim de se atender a princípios éticos, foi solicitado que os participantes assinassem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), caso concordassem em participar do estudo.

Foram definidas quatro tarefas a serem realizadas no EspecLab: (i) Obter informações sobre os reagentes e produtos químicos presentes no laboratório virtual; (ii) Encontrar informações sobre a importância da realização de cada etapa do experimento espectrofotométrico; (iii) Buscar nas prateleiras as vidrarias necessárias para realização do experimento; (iv) Obter o valor de absorbância da solução que foi escolhida para o experimento. O tempo médio em que os participantes realizaram o teste foi de 16 minutos. Após a realização das tarefas, foi solicitado que os participantes respondessem o questionário pós-teste.

4.1 Discussão dos Resultados

Através do modelo de caracterização de usuário, evidenciou-se a carência dos discentes na prática da análise espectrofotométrica. Consequência essa associada a ausência de aparelho espectrofotométrico no instituto, apresentando uma falta dos docentes em relação ao conhecimento prático e não teórico necessariamente, na aplicação do método, como apresentado na Figura 6.

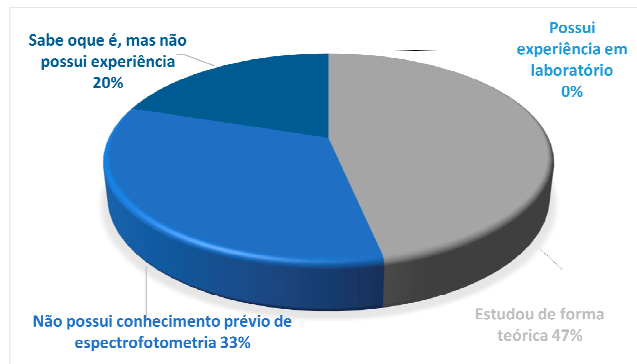


Figura 6. Distribuição da frequência com que os alunos jogam.

Todos os participantes tiveram suas percepções extraídas e analisadas, como mostram as Figuras 7 e 8. Os resultados restritos a facilidade de uso, encontram-se na tabela 1, e na figura 7

Tabela 1. Questões relacionadas a Percepção de uso.

COD	Percepção de facilidade de uso
P1	Foi fácil aprender a utilizar o simulador EspecLab?
P2	Consegui utilizar o simulador EspecLab da forma que eu queria?
P3	Eu entendia o que acontecia na minha interação com o simulador EspecLab?
P4	Foi fácil ganhar habilidade no uso do simulador EspecLab?
P5	Foi fácil utilizar o simulador EspecLab?

Os resultados obtidos no questionário a partir das questões encontram-se na Figura 6. Ficando perceptível que os usuários consideraram a aplicação fácil de usar em sua maioria, um adendo apenas nas questões P2, P3 e P4 que variaram mais se comparadas as outras questões. E relacionam-se diretamente aos dados qualitativos obtidos na aplicação do questionário, como se verá adiante.

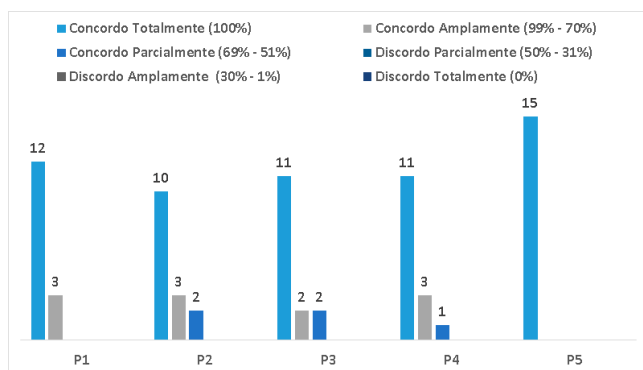


Figura 7. Distribuição da frequência com que os alunos jogam.

As perguntas relacionadas à utilidade do EspecLab e do tema proposto, e os resultados subsequentes encontram-se distribuídas na Tabela 2 e na Figura 8.

Tabela 2. Questões relacionadas a Percepção de utilidade.

COD	Percepção de utilidade de uso
PU1	O simulador propõe uma boa alternativa de ensino da técnica de espectrofotometria?
PU2	Consegui absorver conhecimento sobre a técnica de espectrofotometria através do simulador?
PU3	O aprendizado decorrente do simulador ocorreu de forma dinâmica e interativa?
PU4	Com o conhecimento adquirido, sentirei menos dificuldade ao realizar experimentações em um laboratório?
PU5	Considero o simulador EspecLab útil para o aprendizado da técnica espectrofotométrica?

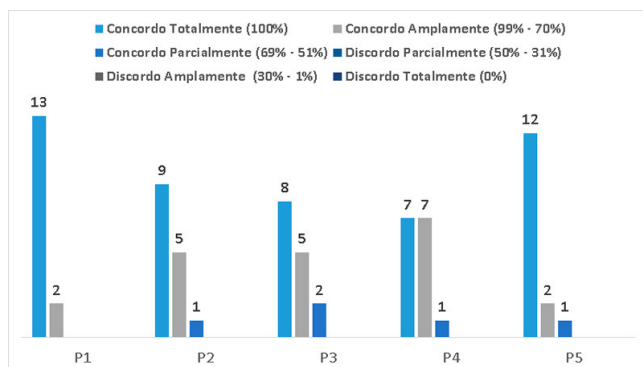


Figura 8. Distribuição da frequência com que os alunos jogam.

Os dados qualitativos coletados por meio da observação dos usuários são descritos a seguir. Dentre os pontos positivos, os participantes destacaram seu design que são considerados pelos participantes como bastante real devido à similaridade com um laboratório habitual. Segundo os participantes, o simulador mostrava de forma intuitiva clara nas fases de experimentação.

Uma vez que os usuários não conheciam o EspecLab e sua interação, foi percebido certo período de adaptação quanto ao processo experimental no simulador. “No início, por não entender o simulador, foi difícil, mas assim que peguei experiência foi fácil realizar os experimentos”. Todos os participantes concluíram o

experimento do simulador cerca de cinco vezes, mesmo os que declararam não ter conhecimento sobre a técnica espectrofotométrica, conseguiram entender o funcionamento do experimento.

Em relação às dificuldades de interação com o simulador e os pontos negativos, foram identificadas a falta de uma introdução informando sobre as características e objetivo do simulador. E ainda a impossibilidade de controlar as mensagens no decorrer do experimento. Não era possível voltar para uma mensagem ou etapa depois que esta era concluída, como foi relatado entre os usuários em “Deveria permitir que a gente escolhesse quando a mensagem deve prosseguir ou retroceder (...)”. De forma que esse fator pode ter influenciado no baixo resultado obtido nas questões PU2, PU3 e PU4.

Foi observada também uma dificuldade em relação à percepção dos botões no simulador, muitos participantes tentavam escolher os objetos na cena clicando nele ao invés do botão que estava relacionado a ele. Um participante sugeriu: “Permitir que seja selecionado o objeto clicando dele e não apenas no botão (...)”. Outro fator que incomodou os participantes, relacionava-se a algumas cenas, que por possuir uma quantidade de interações consideráveis, acabava por deixar a execução do EspecLab lenta, evidenciando problemas de desempenho.

Os dados coletados por meio de observações e do questionário pós-teste permitiram a obtenção de sugestões que irão promover melhorias quanto à usabilidade e acessibilidade do EspecLab, onde serão aplicados com brevidade uma série de alterações.

5. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este trabalho descreveu o desenvolvimento de um ambiente de realidade virtual mobile, chamado EspecLab, para o ensino da técnica espectrofotometria. A Espectrofotometria é uma técnica utilizada nas áreas de química, físico-química e biológicas que utiliza luz para medir concentrações de espécies químicas. O EspecLab visa proporcionar aos professores e estudantes um ambiente virtual que simula a preparação e realização da técnica espectrofotométrica em um laboratório virtual. O objetivo desta pesquisa é prover uma solução de melhor custo benefício para a prática da espectrofotometria.

Para avaliar o EspecLab, foi conduzido um estudo experimental visando coletar dados observacionais e a percepção dos participantes por meio de um questionário. Os resultados obtidos no estudo experimental mostram que, apesar das sugestões de melhoria identificadas, o EspecLab possui uma boa facilidade de uso e utilidade, percebidas pelos participantes.

Como trabalhos futuros pretende-se aumentar a interação do usuário com o EspecLab, permitindo que os erros causem um efeito negativo no experimento, levando o estudante a descobrir o motivo do erro, realizando mais experimentos. Pretende-se tratar as substâncias com mais independência, o estudante ficará responsável de escolher a substância, quantificar e misturar com o solvente que julgar necessário. Com o desenvolvimento mais avançado pretende-se focar em avaliações de usabilidade e acessibilidade para atender o maior número possível de estudantes e usuários do EspecLab. Além disso, uma melhoria seria o desenvolvimento das demais técnicas usadas em laboratórios de química, como por exemplo: Tratamentos Eletroanalíticos e transformações químicas.

6. REFERENCIAS

- [1] Albu, M *et al.* (2004). "Embedding Remote Experimentation in Power Engineering Education" IEEE Transaction On Power Systems, São Paulo, Brasil, Vol. 9, Nº 1, 139-143.
- [2] Bowman, Doug *et al.* (2005). "3D User Interfaces: Theory and Practice". Boston: Addison - Wesley.
- [3] Dalgarno. Barney. (2009). "Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students" Computers & Education, v. 53, p. 853-865.
- [4] Dalgarno *et al* (2012). "Laboratório Virtual de Química: Blender 3D Auxiliando no Ensino da Química" XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia de Software
- [5] Kirner, Claudio, Siscoutto, Robson. (2007). "Realidade Virtual e Almentada: Conceitos, Projetos e Aplicações" Petrópolis: Pré-simpósio IX Symposium On Virtual And Augmented Reality.
- [6] Levy, Pierre. (2004). "As Tecnologias da Inteligência". São Paulo: Editora 34.
- [7] Mafra. (2006). "Aplicando uma Metodologia Baseada em Evidência na Definição de Novas Tecnologias de Software", XX Simpósio de Engenharia de Software.
- [8] Santos, F. M. T. (2008). "Resolução de Problemas e Atividades Experimentais no Ensino de Química" UFPR, 21 a 24 de julho. Curitiba,PR.
- [9] Takemoto, et al. (2013). "Laboratório Virtual, Interativo para reprodução de Experimentos de Química através de Dispositivos Móveis" Universidade Federal do ABC, Centro de Matemática, Computação e Cognição.
- [10] Torriceli, Enéas. (2007). "Dificuldades de aprendizagem no Ensino de Química" Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.
- [11] Vinadé. (2005). "Métodos Espectroscópicos de Análise Quantitativa." Santa Maria: UFSM.