

Ferramenta computacional de apoio ao ensino/aprendizado de Farmacologia

Leonardo Ronald Perin Rauta

Laboratório de Inteligência Aplicada
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí - SC - Brasil
leonardorauta@edu.univali.br

Anita Maria da Rocha Fernandes

Laboratório de Inteligência Aplicada
Universidade do Vale do Itajaí
Itajaí - SC - Brasil
anita.fernandes@univali.br

ABSTRACT

One of Pharmacology problem is the involved abstract concepts. Therefore, it is necessary that the Lecturer makes use of resources capable of reducing this level of abstraction. To identify the real needs of Pharmacy students, a survey was conducted, which has shown the need for more interactive classes and software that could help to reduce the abstraction of the concepts presented. In this context, simulators have been used, since they help to represent the real world through a virtual world. Thus, this study aims to develop a simulation software to support the teaching and learning of pharmacodynamic effects of drugs in the body. To fulfill this purpose, the proposed simulator uses concepts of ontology and it also uses expert systems. This research aimed to verify if the use of a simulator based on ontology and expert systems for teaching and experimenting in Pharmacology is able to enhance the understanding of the pharmacodynamic reactions that occur in the body when a drug is manipulated. To prove it, a survey was conducted with volunteers who used the system and assigned notes that proved the effectiveness of the proposed tool.

RESUMO

Um dos problemas do ensino de Farmacologia são os conceitos abstratos envolvidos. Por isso, é necessário que o professor faça uso de recursos capazes de reduzir esse nível de abstração. A fim de identificar quais as expectativas dos alunos de farmacologia no que se refere à ferramentas de auxílio no processo de aprendizagem, foi feito um levantamento, o qual apontou a necessidade de aulas mais interativas e softwares que auxiliem a reduzir a abstração dos conceitos. Dentro desse contexto tem-se o uso de simuladores, os quais ajudam a representar o mundo real, através de um mundo virtual. Sendo assim, é apresentado nesse trabalho o desenvolvimento de um software de simulação para apoio ao ensino/aprendizagem dos efeitos farmacodinâmicos de drogas no organismo. Para isso, o simulador proposto utilizou conceitos de ontologia e sistemas especialistas. Com esse trabalho, foi verificado que o uso de um simulador baseado em ontologia e sistemas especialistas para ensino e experimentação em Farmacologia é capaz de aumentar o entendimento das reações farmacodinâmicas que ocorrem no organismo quando um fármaco é manipulado. Para essa comprovação, foi realizada uma pesquisa com voluntários que utilizaram o sistema e atribuíram notas que

possibilitam a comprovação da eficácia da ferramenta.

Descritor de Categorias e Assuntos

I.2.1 [Artificial Intelligence]: Applications and Expert Systems; I.6.8 [Simulation and Modeling] Types of Simulation; J.3 [Computer Applications] Life and medical sciences; K.3.1 [Computers and Education]: Computer Uses in Education

Termos Gerais

Experimentation, Human Factors

Palavras Chaves

Teaching, learning, pharmacology, pharmacodynamics, tool, intelligent computing, computer tool, intelligent tool, expert systems, simulation.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as áreas do conhecimento, a Física e a Química apresentam muitos conceitos abstratos [29]. Porém, a compreensão dos conceitos de Física pode ser auxiliada por acontecimentos do dia a dia de uma pessoa. Já os conceitos de Química, são geralmente invisíveis ao olho humano, pois ocorrem, geralmente, a nível molecular nos organismos. Neste sentido, as simulações se tornam grandes aliadas no processo de ensino/aprendizagem.

Utilizar experimentos como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos vistos em sala de aula é uma tarefa considerada essencial, principalmente quando se considera conteúdos abstratos como os abordados em Física e Química [1]. Porém, essas disciplinas também são teóricas e, mesmo realizando experimentos, os alunos não encontram muitas oportunidades para aplicar antes dos estágios ou mesmo fora das instalações da Universidade [19]. Um dos recursos tecnológicos amplamente utilizados para trabalhar a aprendizagem significativa, ou seja, através de experiências, é o simulador [7].

Um sistema real é frequentemente muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos que contêm, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade. A modelagem de um sistema, seja ele qual for, é crucial para que as simulações construídas possam constituir-se em boas aproximações da realidade [5]. Existe uma diferença significativa entre o ato de se experienciar um fenômeno através de um experimento real e de uma simulação computacional. Se tal diferença não for percebida, as simulações podem, por vezes, comunicar concepções do fenômeno opostas àquelas que o educador pretendia veicular com o seu uso.

Uma boa simulação pode comunicar melhor que imagens estáticas, ou mesmo que uma sequência delas, ideias sobre movimentos e processos em geral. Nisso se fundamenta, basicamente, a falada superioridade das representações

computacionais àquelas contidas nos livros didáticos [1]. Porém, é preciso ter em mente que uma animação pode servir, paradoxalmente, também, para comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência igualmente maior do que a das figuras estáticas. Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real [29]. Toda animação e toda simulação estão baseadas em uma modelagem do real. Se essa modelagem não estiver clara para professores e educandos e, se os limites de validade do modelo não forem tornados explícitos, os danos potenciais que podem ser causados por tais simulações são enormes. Tais danos tornar-se-ão ainda maiores se o modelo contiver erros grosseiros, se estiverem fora do contexto do conteúdo, ou se as variáveis envolvidas não conseguirem ser modeladas o mais próximo possível da realidade.

O aspecto visual de um simulador muitas vezes exerce um encanto em relação ao usuário, porém, a simulação muitas vezes é construída com base em um modelo com simplificações exageradas, ou melhor, com graves equívocos. E aí reside o seu maior perigo, o aparente aspecto real. A busca por métodos e técnicas que auxiliem o desenvolvimento de simulações cada vez mais próximas do mundo real, com diminuição de vieses em relação a modelagem das variáveis é um desafio no que se refere à aplicação de simuladores como apoio ao processo de ensino/aprendizagem.

Na elaboração de simulações, uma atenção especial deve ser dada à modelagem do problema. Ao construir o modelo a ser simulado, é necessário considerar criticamente quais as características do sistema modelado que podem ser negligenciadas e quais aquelas que devem ser incluídas no modelo. Em qualquer caso, o valor educacional de uma simulação dependerá do fato de ela poder vir a representar para o estudante um papel de auxiliar heurístico e não apenas cumprir um papel algorítmico ou meramente ilustrativo [4].

Muitos estudantes tendem a ver os programas computacionais que utilizam na aprendizagem de um dado conceito como sendo caixas-pretas. Isso ocorre porque as simulações, por exemplo, são frequentemente construídas com base em pressupostos ocultos para o estudante; e muitos desses pressupostos acabam sendo simplificados, ou mesmo questionáveis. Dessa forma, tem-se arguido que experiências educacionais com simulações, muitas vezes, não servem de base para o pensamento, como pretendido [20]. Elaboradas com tal característica, as simulações não podem ser facilmente avaliadas quanto aos seus domínios de validade e ao seu grau de representatividade em relação à realidade [11]. Sérios problemas poderão ocorrer se uma simulação utilizada carregar imprecisões, pois os estudantes podem nunca vir a perceber a sua ausência de compreensão da situação real [24].

Neste contexto, este trabalho busca colaborar com o processo de ensino/aprendizagem de Química, especificamente de conteúdos relacionados a Farmacologia, através da modelagem e desenvolvimento de uma ferramenta computacional baseada em conceitos de Inteligência Artificial, Ontologia e Simulação. Para tal, foram considerados os preceitos da Informática na Educação e da Interação Humano-Computador, tendo como estudo de caso as reações bioquímicas ocasionadas por determinado fármaco no organismo humano, com enfoque em problemas de asma, a fim de amenizar o nível de abstração do conteúdo lecionado, de maneira mais próxima do processo de organização do conhecimento e tomada de decisão do aluno.

1.1. MOTIVAÇÃO

Com a necessidade de organizar o conhecimento de um especialista e repassá-lo ao aluno de uma forma mais próxima do

mundo real, uma pesquisa com foco em ontologia e sistemas especialistas torna-se interessante. Pois essas técnicas podem trabalhar em conjunto para melhor representar esse conhecimento.

Uma Ontologia é um conjunto de termos ordenados hierarquicamente para descrever um domínio que pode ser usado como um esqueleto para uma base de conhecimentos [12]. Elas também fornecem um vocabulário para representação do conhecimento. Esse vocabulário tem por trás uma conceitualização que o sustenta, evitando assim interpretações ambíguas desse vocabulário.

As Ontologias também permitem o compartilhamento de conhecimento. Sendo assim, caso exista uma ontologia que modele adequadamente certo domínio de conhecimento, essa pode ser compartilhada e usada por pessoas que desenvolvam aplicações dentro desse domínio [27].

Além disso, Ontologias também fornecem uma descrição exata do conhecimento. Diferentemente da linguagem natural em que as palavras podem ter semântica totalmente diferente conforme o seu contexto, a ontologia por ser escrita em linguagem formal, não deixa espaço para o *gap* semântico existente na linguagem natural [21].

O uso de sistemas especialistas é utilizado para reter as informações de um especialista para poder gerar uma base de conhecimento. Sistemas especialistas são sistemas baseados em regras que representam o conhecimento adquirido de um especialista [15]. Estando este modelo bem definido, ou seja, aderente ao mundo real de forma mais coesa possível, produz respostas muito coerentes em relação ao pensamento humano [10].

Os educadores sempre discutiram a utilização de técnicas e recursos tecnológicos para melhorar o trabalho docente e a aprendizagem dos alunos. Com essa discussão surgiu a necessidade de aprimorar as ferramentas didáticas para a essa nova geração. Nessa nova geração, os alunos são mais visuais e menos preparados para a leitura. Com isso, os processos de aprendizagem que utilizam recursos audiovisuais e também computacionais, estão apresentando um desenvolvimento significativo em função do avanço tecnológico e do emprego de novos modelos pedagógicos [3].

A abstração dos conceitos utilizados na Farmacologia acaba dificultando o entendimento dos alunos, principalmente em como ocorrem às reações entre o fármaco e o organismo. [5] apresenta que o principal problema da abstração está nos conceitos químicos e biológicos, o que dificulta o entendimento de alguns processos farmacológicos. [3] completa que o principal problema de abstração é a Química, que devido ao não entendimento de ligações químicas, torna-se difícil o entendimento de como um fármaco se conecta a um receptor, por exemplo.

Softwares de simulação visam representar parcialmente ou totalmente uma tarefa a ser realizada, ou seja, representar o comportamento de leis e sistemas reais em sistemas computacionais [17]. Com esse intuito, esse tipo de tecnologia pode ser capaz de reduzir o nível de abstração dos conceitos.

Considerando o exposto, percebe-se que a aplicação de técnicas de simulação modeladas através de ontologia e sistemas especialistas, tende a ser uma solução interessante de ser avaliada como uma forma de tornar o processo de ensino/aprendizagem mais atraente e interessante para o aluno. Este trabalho visa contribuir para a análise da potencialidade desta abordagem,

considerando como estudo de caso os conceitos de farmacodinâmica de algumas drogas envolvidas no tratamento da asma.

2. CONHECENDO O PÚBLICO-ALVO

Buscando entender a visão dos alunos das disciplinas relacionadas à Farmacologia quanto ao conteúdo ministrado e as ferramentas de apoio existentes, foi feito um levantamento entre os alunos do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade do Vale do Itajaí, matriculados no primeiro semestre de 2013. Este levantamento foi autorizado pelo Comitê de Ética da referida universidade, sob o parecer número 76890 da Plataforma Brasil. Esta pesquisa auxiliou no estabelecimento da plataforma utilizada e na definição de alguns requisitos de desenvolvimento, bem como nos elementos de interface a serem contemplados.

Participaram do levantamento 86 alunos dos cursos de Biomedicina e Farmácia do 2º ao 4º período, com idade média de 21 anos, sendo a maioria do sexo feminino, distribuídos nas disciplinas de Farmacologia, Química Orgânica e Bioquímica.

Considerando o fator que interfere no aprendizado do acadêmico, os resultados indicaram que a linguagem complicada e a falta de ambientes computacionais que lhes auxiliem são fatores importantes. Sobre o material de apoio, 75,58% (65 alunos), indicaram que utilizam, e 24,42% (21 alunos) informaram que não utilizam material de apoio. Quanto à natureza do material de apoio, 47,69% (31 alunos) fazem pesquisas na internet, 24,60% (16 alunos) assistem vídeos disponibilizados na internet, 12,31% (8 alunos) procuram slides na internet, e os demais (10 alunos) focam em bulas, materiais do ensino médio e cursos pré-vestibular, materiais do professor, resumos, livros e artigos, valendo lembrar que esta questão era dissertativa, ou seja, cada aluno colocou sua opinião e as mesmas foram agrupadas.

No que se refere às sugestões para melhorar o processo de aprendizagem, 63,96% (55 alunos) disseram não terem sugestões e 36,04% (31 alunos) apresentaram alguma sugestão, como aulas mais interativas, uso de softwares, ferramentas de visualização 3D, uso de vídeos e imagens, animações, jogos educacionais e estudo em grupo.

2.1. Considerações

O objetivo de aplicar esse questionário foi conhecer melhor as dificuldades apresentadas pelos estudantes de cursos que não possuem a Química como uma matéria fim, mas sim, uma matéria meio. Foi utilizada a Química como foco devido ao uso de conceitos abstratos tratados nessa disciplina e a sua necessidade em outras disciplinas, as quais utilizam os conceitos aplicados, como é o caso da Farmacologia.

Com o questionário aplicado, foi possível observar que a maioria dos alunos demonstram a necessidade de um software de computação para auxiliar no ensino/aprendizagem devido ao uso de conceitos abstratos e difíceis de serem visualizados no mundo real, de imaginar esses conceitos e até mesmo criar analogias. Isso ajuda a justificar o uso de uma tecnologia computacional aplicada às áreas que trabalham com conceitos abstratos.

Além disso, a pesquisa foi fundamental para definir a arquitetura a ser utilizada pelo sistema, pois como 84,6% dos alunos utilizam material disponível na internet, a proposta desse trabalho foi o desenvolvimento de um sistema Web.

Já a justificativa para o uso de um simulador se dá pela necessidade dos alunos quando dizem precisar de software, ferramentas tridimensionais, vídeo, imagens e animação, além de

aulas mais interativas. Com o uso de um simulador, é possível envolver todos esses critérios, pois o simulador proposto é baseado em animações voltadas ao ensino, o que possibilita o professor a criação de aulas mais interativas.

Através dessa pesquisa preliminar, foram avaliados os problemas e oportunidades e, também alguns aspectos interessantes a serem considerados. Com isso, ela auxiliou na definição da arquitetura de software a ser utilizada no desenvolvimento através da real necessidade dos alunos e foi utilizada também na elaboração dos requisitos do sistema desenvolvido.

3. FERRAMENTAS SIMILARES

A avaliação das ferramentas similares permite entender como funcionam diversos simuladores da área da Farmacologia e da Química, além de avaliar as informações pertinentes a serem apresentadas ao usuário e a forma como são apresentadas. Nesta seção serão expostos os critérios de seleção das ferramentas e uma análise comparativa entre as ferramentas similares sobre alguns critérios que foram utilizados nessa proposta.

A busca das ferramentas similares se deu através da utilização da ferramenta de busca Google e também através de algumas ferramentas apresentadas em uma revisão sistemática levantada por [23].

Na busca feita no Google, o termo de pesquisa foi baseado apenas nas palavras “Farmacologia”, “Simulação”, “Química”, “Pharmacology”, “Simulation” e “Chemistry”. No entanto, apenas para pesquisas feitas em inglês a busca retornou simuladores equivalentes.

Como critérios de seleção de quais ferramentas seriam avaliadas, foi levada em consideração a licença de uso da ferramenta, escopo do simulador, e disponibilidade para download ou disponibilidade na internet. Ferramentas pagas não foram consideradas nessa avaliação.

Entre as ferramentas avaliadas, apenas o Molecular Workbench [8] permite a expansão da ferramenta, sendo possível desenvolver novos simuladores e utilizar o motor da própria ferramenta para criar novos módulos. Porém, não existem ainda módulos voltados à farmacodinâmica, apenas para a Química, eletroquímica e farmacocinética, além disso, é uma ferramenta que necessita uma máquina virtual Java, elevando consideravelmente o consumo de memória e processamento das máquinas.

As outras ferramentas avaliadas possuíam um escopo bem delimitado e não permitiam a expansão da ferramenta ou a utilização em outras áreas. Mas são ferramentas leves e cumprem com o objetivo, simular os sinais vitais de determinados animais durante a administração de determinados medicamentos. Um forte problema nessas ferramentas é não ter mais uma equipe que ofereça manutenção.

A Tabela 1 apresenta uma análise comparativa entre as ferramentas similares e a proposta deste trabalho sobre alguns pontos que são considerados importantes para o projeto proposto, como disponibilidade de uma versão web, possibilidade de ampliação da ferramenta, interface ergonômica, armazenamento dos resultados da simulação, possuir tutorial de ajuda, área de atuação sobre efeitos de fármacos no organismo humano, e apresentação dos resultados através de animações. Entende-se por interface ergonômica, uma interface em que um leigo possa interagir sem a necessidade de utilizar um tutorial ou manual.

Dentro dos critérios apresentados, a ferramenta que melhor se aproxima à proposta é a Molecular Workbench, pois oferece possibilidade de ampliação da ferramenta, uma interface ergonômica, armazena os resultados da simulação, possui tutorial de ajuda e utiliza animações para demonstrar os resultados da simulação. Porém, ela não possui uma versão web e por utilizar uma máquina virtual Java, exige um uso considerável de memória, tornando a ferramenta custosa para muitos computadores.

A diferença da proposta em relação à Molecular Workbench é a disponibilização de uma versão web e a área de aplicação da ferramenta. Devido à Molecular Workbench não permitir o desenvolvimento de novas ferramentas e não possuir um módulo voltado à Farmacodinâmica, a proposta se diferencia dela nesses aspectos. Além disso, a principal diferença da proposta frente à Molecular Workbench é a disponibilização Web do sistema, o que permite que qualquer usuário com acesso à internet possa acessá-lo.

Tabela 1. Comparativo entre as ferramentas similares e esta proposta.

Ferramenta	Versão web	Possibilidade de ampliação	Interface	Armazena resultados	Possui tutorial de ajuda	Área de atuação	Apresentação dos resultados
Molecular Workbench	Não	Sim	Ergonômica	Sim	Sim	Diversas	Animação
Virtual NMJ	Não	Não	Não ergonômica	Não	Sim	Transmissão neuromuscular	Gráfico com sinais vitais
Virtual Twitch	Não	Não	Não ergonômica	Não	Sim	Bloqueio neuromuscular	Gráfico com sinais vitais
Virtual Rat	Não	Não	Não ergonômica	Não	Sim	Sistema cardiovascular	Gráfico com sinais vitais
Virtual Cat	Não	Não	Não ergonômica	Não	Sim	Sistema nervoso/anestesia	Gráfico com sinais vitais
ExPharm	Sim	Não	Não ergonômica	Não	Sim	Efeitos de fármacos em diversos animais	Animação
Sugar and Salt Solutions	Sim	Não	Ergonômica	Sim	Sim	Solutos e soluções	Animação
Build a Molecule	Sim	Não	Ergonômica	Sim	Sim	Construção de moléculas químicas	Animação
Pharmacology Lab Simulation	Sim	Não	Ergonômica	Não	Não	Drogas paralisantes sobre ratos	Animação
Proposta	Sim	Sim	Ergonômica	Sim	Sim	Reação de um fármaco no organismo	Animação

4. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Existem diversas metodologias utilizadas no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento (SBC). Porém, entre as encontradas, nenhuma possuía foco em aplicações voltadas ao ensino, principalmente ensino sobre conceitos abstratos. Além disso, grande parte dessas metodologias existentes utilizam unicamente o conceito de agentes inteligentes como sistema baseado em conhecimento.

Um sistema baseado em conhecimento não é limitado ao uso de agentes inteligentes, existem diferentes técnicas de inteligência artificial que podem ser utilizadas. Uma metodologia que se preocupa com a técnica de inteligência artificial a ser utilizada é importante para que diferentes aplicações sejam desenvolvidas seguindo a mesma metodologia.

Para o desenvolvimento desse trabalho foi utilizada uma metodologia própria, a qual foi baseada em outras metodologias utilizadas no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento. Porém, essa metodologia proposta é voltada ao ensino de conceitos abstratos, deixando a cargo do desenvolvedor, a escolha de qual técnica de inteligência artificial será utilizada durante o desenvolvimento.

Essa nova metodologia foi baseada nas metodologias CommonKADS [26], OTK [28] e SPEDE [9]. Para isso, foram levados em consideração os pontos fracos e pontos fortes de cada uma dessas metodologias.

A CommonKADS [26] foi utilizada pois possui etapas interessantes para o desenvolvimento de um SBC, como as etapas de análise contextual e análise conceitual. Essas etapas são

importantes para conhecer o ambiente em que o SBC será aplicado, seu público alvo e os problemas/oportunidades da área.

A OTK [28] tem como objetivo o desenvolvimento de ontologias voltadas à aplicação. Ferramentas voltadas ao ensino devem se preocupar com o conhecimento que será passado aos alunos. Uma etapa para definir ou criar uma ontologia para ser utilizada é importante também para criar um elo de comunicação entre o desenvolvedor e o especialista da área, pois ela acaba facilitando o entendimento de muitos conceitos, além de orientar a conversa entre ambos os lados.

Já a SPEDE [9] deixa clara uma etapa para aquisição do conhecimento. Antes mesmo de modelar a ontologia, é necessário adquirir um conhecimento prévio sobre o assunto a ser tratado, pois o desenvolvedor geralmente não possui conhecimento suficiente na área em que o SBC será aplicado.

Sendo assim, a metodologia proposta conta com as etapas de: estudo de viabilidade, definição preliminar de requisitos, aquisição preliminar do conhecimento, refinamento e análise, modelagem e requisitos do sistema, modelagem e requisitos do sistema inteligente, e por fim, implementação e evolução.

4.1. Estudo de viabilidade

O estudo de viabilidade dessa metodologia foi baseado no estudo de viabilidade da OTK [28], a qual possui uma fase exclusivamente para avaliação da viabilidade da utilização de um SBC. Essa avaliação é utilizada para identificar os possíveis problemas e oportunidades que a área a ser estudada possui em potencial. Em geral, o estudo de viabilidade serve de apoio à decisão de viabilidade técnica e econômica do projeto, determinando a solução mais promissora à área de foco.

Nesta proposta, os problemas e oportunidades foram levantados levando em consideração os dados obtidos na avaliação da necessidade do público alvo e nas reuniões realizadas com os especialistas da área.

4.2. Definição preliminar dos requisitos

Durante o estudo de viabilidade existe muita interação com os especialistas de domínio, os quais geralmente levantam os problemas a serem resolvidos. Devido à esse grande número de interações entre as partes, é possível definir alguns requisitos, funcionais e não funcionais, do sistema baseado em conhecimento.

A definição de requisitos dessa metodologia foi baseada em [14], os quais afirmam que os requisitos são a base para todos os projetos, definindo o que as partes interessadas em um potencial novo sistema precisam e também o que o sistema deve fazer para satisfazer essa necessidade. Sendo assim, os requisitos são divididos em requisitos funcionais e requisitos não funcionais, os quais descrevem as características que o sistema deve ter.

4.3. Aquisição preliminar do conhecimento

Após o conhecimento da viabilidade do sistema baseado em conhecimento, é necessário adquirir o conhecimento necessário para o desenvolvimento do SBC. Nesta etapa é iniciada a modelagem da ontologia a ser utilizada. Essa ontologia não servirá apenas para orientar o desenvolvimento SBC, mas também para que o desenvolvedor conheça melhor sobre a área de domínio do especialista.

[13] propõem uma metodologia para desenvolvimento de ontologia, a qual utiliza um documento de especificação e requisitos da ontologia (ORS - *Ontology Requirements Specification Document*). Esse documento é utilizado para orientar o desenvolvedor, ou o engenheiro de ontologias/conhecimento, a decidir sobre a inclusão e exclusão de conceitos e relações, além de apresentar também a estrutura hierárquica da ontologia.

Na elaboração desse modelo deve se preocupar com a utilização de ontologias já desenvolvidas. Para isso, aconselha-se a utilização de uma revisão sistematizada da literatura, a fim de identificar quais ontologias são utilizadas àquele domínio. Muitas vezes, durante a pesquisa sobre ontologias já definidas, o desenvolvedor acaba se deparando com aplicações semelhantes ou que podem ajudar no desenvolvimento do seu SBC.

Mesmo com a utilização de uma ontologia já definida, é importante o desenvolvimento do ORSD para que se mantenha documentada a ontologia utilizada e os motivos pelos quais foi utilizada. Além disso, a utilização de uma ontologia já definida possibilita ao desenvolvedor um melhor entendimento sobre o que é mais abrangente sobre o assunto.

Caso seja criada uma nova ontologia para a aquisição do conhecimento, é necessária pelo menos mais uma etapa, a descrição semi-formal da ontologia. Nessa etapa são criados mapas conceituais e um esqueleto taxonômico da nova ontologia. Para isso, pode-se utilizar softwares como o Protégé, Ontolingua, OntoEdit, entre outras.

4.4. Refinamento e análise do conhecimento

Após a criação do documento ORSD e a descrição semi-formal da ontologia, é necessário que o especialista de domínio faça um refinamento e uma análise sobre aquilo que foi descrito na ontologia.

Em casos onde foram utilizadas ontologias já prontas, esta etapa consiste no refinamento dessa ontologia, retirando partes que não serão utilizadas nesse SBC, delimitando o escopo de domínio dessa ontologia.

Como artefato, essa etapa possui a ontologia modelada e refinada de acordo com o especialista de domínio. Não necessariamente uma ontologia formalizada, mas um modelo semi-formal da ontologia

4.5. Modelagem e requisitos do sistema

Muitas pessoas falam sobre modelagem de requisitos. De acordo com [14], isso é um equívoco, pois a modelagem é feita para o sistema, e não para os requisitos. A modelagem apóia a atividade de design e é onde a maior parte do trabalho criativo ocorre. Ela auxilia o desenvolvedor na compreensão do sistema para decompor os requisitos em um determinado nível de detalhamento. Já os requisitos são uma abstração do que é exigido do sistema.

Existem diferentes técnicas e diagramas a serem utilizados na modelagem de sistemas. Porém, não existe um modelo que seja o mais correto, ou ideal. O melhor modelo é aquele que é facilmente compreendido. Para o desenvolvimento de SBCs voltados à educação, é importante sempre definir quem serão os atores, entradas e saídas do sistema, e, pelo menos, o fluxo de trabalho.

Inicialmente, é importante definir qual a arquitetura geral, se ele será um sistema web, embarcado, desktop, mobile, entre outras. Quando o trabalho é voltado ao ensino, é importante uma arquitetura bem dividida, com camadas exclusivas para apresentação, regras de negócio e armazenamento. Além disso, é importante definir quais os protocolos de comunicação que serão utilizados entre essas diferentes camadas. Dentro do módulo de regras de negócio existe um módulo exclusivo para o sistema inteligente, o qual conterà as técnicas de inteligência artificial do sistema.

Com a arquitetura bem definida, o sistema pode ser modelado utilizando diferentes diagramas, como os diagramas de fluxo de dados, diagrama entidade-relacionamento, diagrama de classes, diagramas de casos de uso, diagramas de sequência, diagramas de comunicação, entre outros que são apresentados por [14], os quais afirmam que os diagramas devem ser modelados conforme a aplicação a ser desenvolvida, e que nem todos os diagramas são necessários para a modelagem, os diagramas a serem modelados depende da necessidade da aplicação.

4.6. Modelagem e requisitos do sistema inteligente

Assim como a modelagem do sistema como um todo é importante para facilitar o entendimento do sistema, a modelagem do sistema inteligente também é importante. É nessa etapa que são definidas e modeladas as técnicas de inteligência artificial, ou aprendizado de máquina, do SBC.

Como já citado anteriormente, dentro do módulo de regras de negócio é importante que exista pelo menos um módulo exclusivo para o sistema inteligente, o qual conterà as técnicas de inteligência artificial do SBC. A ideia de se criar um módulo específico é a facilidade de manutenção e evolução do sistema inteligente.

Programas de computador convencionais executam tarefas utilizando uma lógica de tomada de decisão que contém pouco conhecimento além do básico algoritmo para resolver um

problema específico. O conhecimento básico é muitas vezes incorporado como parte do código de programação, de modo que, como o conhecimento muda, o programa tenha de ser reconstruído. Sistemas especialistas baseados no conhecimento utilizam pequenos fragmentos do know-how humano em uma base de conhecimento, que é utilizada para raciocinar sobre um problema, utilizando o conhecimento de que é apropriado. Uma vantagem importante é que dentro do domínio da base de conhecimento, um problema diferente pode ser resolvido usando o mesmo programa sem esforços de reprogramação [2]. Por isso a ideia de ter um módulo específico para o sistema inteligente.

Vale destacar que por ser uma etapa da metodologia preocupada com a modelagem e requisitos do sistema inteligente, ela não é limitada ao uso de sistemas baseados em conhecimento, ou sistemas especialistas. Diferentes técnicas de inteligência artificial podem ser utilizadas e modeladas nessa etapa, desde que passem por uma etapa de modelagem de acordo com as necessidades de entrada e saída de dados requeridas na técnica a ser utilizada.

4.7. Implementação e evolução

Tendo os requisitos e a modelagem completa da ontologia, do sistema inteligente e do sistema em geral, pode-se iniciar a implementação do sistema. Durante esta etapa, o desenvolvedor pode se deparar com termos e conceitos que não ficaram bem claros, ou não foram definidos, nas etapas anteriores, sendo necessário voltar à etapa de aquisição preliminar do conhecimento, ou tirar as dúvidas com o especialista do domínio.

Já a evolução é dada pela evolução da ferramenta, modelando novos conceitos, utilizando novas técnicas de inteligência artificial ou até mesmo a atualização da própria ontologia.

[28] recomendam que para a evolução da ontologia, os engenheiros de ontologias reúnam as alterações da transição para uma nova versão da ontologia depois de testar exaustivamente todos os efeitos possíveis para a aplicação. O mais importante é, portanto, esclarecer quem é responsável pela manutenção e como ela é feita e em que intervalos de tempo a ontologia mantida. Isso pode se estender para todas as partes do sistema, não se limitando apenas à ontologia

5. DESENVOLVIMENTO

Em resposta às necessidades levantadas pelos alunos e pelo estudo de viabilidade do projeto (análise de ferramentas similares), foi

desenvolvido um sistema web que realiza simulações dos efeitos de drogas no organismo de pacientes com asma.

A fim de criar uma ferramenta que auxilie na redução do grau de abstração dos conceitos envolvidos na farmacodinâmica, além das necessidades apontadas pelos estudantes, também foram ouvidos especialistas, os quais auxiliaram na definição dos requisitos do sistema e também foram essenciais na criação da base de conhecimento do sistema.

O sistema é composto por uma tela de login para controlar o acesso ao simulador, o que possibilita um melhor controle sobre os usuários permitidos no sistema, sendo que esses podem ser divididos apenas em duas categorias, Professor e Aluno. Usuários do tipo Aluno possuem privilégios apenas para realizar simulação, redigir relatório (ao final da simulação), consultar base de drogas e responder o questionário de avaliação. Já usuários do tipo Professor, possuem todos os privilégios de Alunos e também permissão para realizar operações de CRUD (*Create, Read, Update, Delete* – Criar, Ler, Atualizar, Excluir) sobre os usuários do sistema e os casos clínicos, e também privilégio para avaliar os relatórios dos alunos.

Determinar qual a melhor droga ou o melhor medicamento a ser utilizado em um caso clínico é uma tarefa que necessita um especialista experiente da área, pois diversas drogas atuam sobre o mesmo problema, mas nem todas apresentam os efeitos desejados quando manipuladas no paciente. Por este motivo, alterações em casos clínicos só podem ser feitas por usuários do tipo Professor.

Ao iniciar uma simulação, o usuário se depara com um caso clínico (Figura 1). Segundo [18], um caso clínico é um caso que apresenta somente os achados clínicos compatíveis com a doença. Ou seja, uma descrição do quadro clínico de determinado paciente perante uma ou várias doenças.

Com o objetivo de tornar a simulação mais interativa, alguns casos clínicos não apresentam descritas algumas informações importantes para que possa existir uma interação do usuário com o simulador. Isso também possibilita testes sobre o mesmo problema para pacientes com características distintas, possibilitando o aluno a visualizar o comportamento de diferentes drogas sobre diferentes organismos (Figura 2).

Figura 1. Exemplo de apresentação de um caso clínico

Figura 2. Exemplo de dados do paciente a serem preenchidos

Após o usuário preencher as informações do paciente e selecionar a droga que se deseja simular, inicia-se um encadeamento de regras, o qual avalia as variáveis de entrada da simulação e retorna para o sistema a função da simulação que deve ser executada.

Graficamente, a simulação é apresentada em forma de animações, as quais partem de uma apresentação de um tecido em sua visão macroscópica, visto a olho humano (Figura 3), e a aproximação desse tecido até chega ao nível molecular da droga e das células do organismo do paciente (Figura 4). Isso permite ao aluno, uma visualização mais ampla sobre os efeitos que ocorrem no interior do organismo.

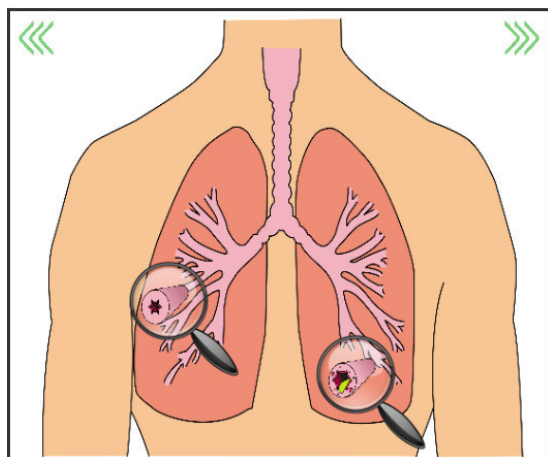


Figura 3. Início da simulação – Visão macroscópica ao final da sensibilização da asma

Ao final da simulação, o usuário é convidado a redigir um relatório sobre o que ele acabou de presenciar. Sendo que o professor pode utilizar esse relatório como forma de avaliação do estudante.

5.1. Ontologia de representação

Devido ao fato da metodologia utilizada ser baseada em ontologias, as quais visam à reutilização de uma ontologia já desenvolvida. Foi realizada uma revisão sistemática a fim de

identificar quais ontologias eram utilizadas nas áreas da Farmacologia e da Química.

Entre as ontologias, bases de dados e métodos de classificação encontrados estão as ontologias BioTop, ChEBI, ChemAxiom, CHEMINF, Foundation Model of Anatomy (FMA), Gene Ontology (GO), LiPro, Protein Ontology (PRO), PubChem e a SIO. Além de algumas ontologias criadas a partir de nomenclaturas e classificações feitas pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (em inglês: *International Union of Pure and Applied Chemistry*, IUPAC) e pela *Anatomic Therapeutic Chemical (ATC)*.

Como a ATC foi o método de classificação e nomenclatura que melhor se adequa à necessidade desse trabalho, ela foi utilizada pois é a que melhor se aproxima da definição da ontologia a ser utilizada.

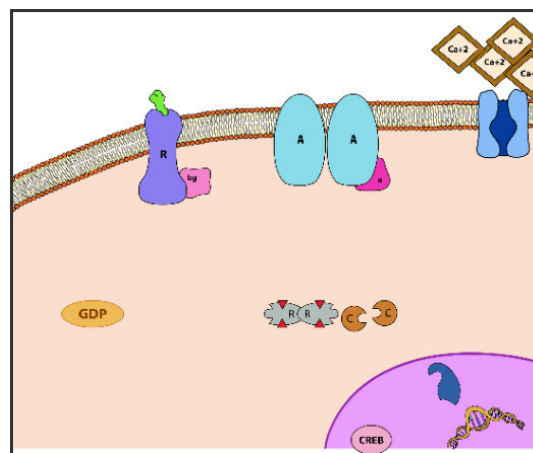


Figura 4. Simulação – Visão microscópica dos efeitos da droga Salbutamol

5.2. Modelagem do conhecimento

A modelagem do conhecimento do especialista é fundamental para um funcionamento adequado do sistema de simulação, principalmente no que tange uma melhor representatividade do

mundo real. Nas pesquisas e entrevistas realizadas, durante o desenvolvimento desse trabalho, foi observado que a maior parte do processo farmacodinâmico pode ser representada através de regras.

Como algumas regras necessitam mais informações a respeito dos medicamentos e das características do paciente em questão, foram utilizadas as bulas de medicamentos, exemplos de casos clínicos presentes na literatura, consultas à base de drogas, à ontologia utilizada, a livros de referência como o de [22] e [16]. Além disso, a presença de um especialista nessa etapa foi fundamental, uma vez que este pôde responder dúvidas ou questionamentos sobre o material apresentado na literatura, além de auxiliar na definição de quais medicamentos seriam utilizados, seu apoio nas tomadas de decisões referentes ao projeto e na definição das regras e requisitos do sistema.

Antes mesmo de modelar as regras de funcionamento do sistema, é importante modelar quais variáveis influenciam no resultado da simulação. [25] e [16] apresentam algumas variáveis que devem ser levadas em consideração, como idade, sexo, características físicas (altura, peso), pressão sanguínea, problemas hepáticos e renais, cardiopatias, gravidez, amamentação, alergias e tratamentos com outros medicamentos, entre outras.

Porém, nem todas as variáveis citadas por [25] e [16] foram modeladas pois existem algumas que possuem interdependência entre elas e afetam a farmacocinética do medicamento, e não exclusivamente a farmacodinâmica, a qual é o objetivo desse trabalho. Essa delimitação foi feita pelos próprios especialistas da área.

Baseado nas variáveis de entrada do sistema foi criada uma árvore de decisão para identificar quais variáveis são importantes para cada paciente e como as regras de interpretação dessas variáveis são encadeadas antes de entrar na simulação.

Na árvore de decisão modelada foram levadas em consideração 13 variáveis – sexo, idade, altura, peso, pressão arterial, gravidez, período de gestação, amamentação, tempo de amamentação, medicamento a ser administrado, modo de administração do medicamento, dose e unidade da dose; as quais possibilitam um total de 1.440 simulações diferentes. Sendo que 288 são para o sexo masculino e 1.152 para o sexo feminino, essa diferença se dá principalmente pelas variáveis gravidez e amamentação, que ocorrem apenas em pessoas do sexo feminino.

Além dessa árvore que avalia as variáveis de entrada do sistema, foram encadeadas as regras com os efeitos dos medicamentos modelados. O fluxo de informações para cada medicamento foi criado utilizando as bulas dos medicamentos e descritivos da farmacodinâmica deles nas ontologias utilizadas e nos trabalhos de [22] e [16]

Para apresentar as animações da simulação para o usuário, foram modeladas funções com o objetivo de efetuar os movimentos descritos em cada uma das regras, sendo assim, cada regra disparada no encadeamento, corresponde a uma função que é executada na apresentação da simulação.

6. RESULTADOS

Por ser um sistema web, foi registrado um domínio, no qual se encontra disponível o sistema - www.pharmexs.com.br. Este link foi utilizado para a divulgação do sistema para que os usuários o testassem e o avaliassem.

Devido às férias antecipadas em função da Copa do Mundo, em algumas universidades nas quais o sistema seria avaliado, foi feito um levantamento com alguns mestrands e bolsistas de iniciação científica das universidades UniCEUMA, UFRJ e FSMA, que atuam nas áreas da saúde. A divulgação foi feita pelos próprios especialistas da área, os quais pediram para seus orientandos e alunos para que eles utilizassem a ferramenta. Este levantamento foi feito no período de 5 de junho de 2014 a 18 de agosto de 2014.

Através da utilização do Google Analytics, foi possível observar a utilização do site do sistema. Dentro do período de avaliação, foram registradas 217 sessões (uma sessão é o período que um usuário fica ativamente engajado no site), sendo que dessas, 137 foram de usuários diferentes, em todas as seções foram geradas 2.063 visualizações de página, gerando uma média de 9,51 páginas acessadas por sessão com duração média de 6:53 minutos por sessão. Já a taxa de rejeição (visitas nas quais a pessoa sai do site na mesma da página de entrada, sem interagir com a página) no período foi de 25,81% e a percentagem de novas sessões (primeiras visitas) de 63,13%.

Quanto às informações geográficas dos usuários, 208 sessões foram realizadas dentro do território nacional, 5 sessões nos Estados Unidos e 4 sessões na Inglaterra. No cenário nacional foram registradas 75 sessões no estado de Santa Catarina, 70 sessões no estado do Rio de Janeiro, 40 sessões no estado do Maranhão, 12 sessões no estado do Paraná, 10 sessões no estado de São Paulo e 1 sessão no estado de Minas Gerais. Os acessos realizados fora do território nacionais se deram devido à internacionalização da ferramenta, ou seja, ela possui as páginas traduzidas para o inglês.

Sobre as tecnologias utilizadas pelos usuários do sistema, 138 sessões registraram a utilização do navegador Chrome, 46 sessões com o Firefox, 31 sessões com o Internet Explorer e 2 sessões com o Safari. Ainda dentro das tecnologias, 199 sessões foram registradas por *desktops/notebooks*, 17 sessões por dispositivos móveis e 1 por *tablet*. Esses acessos de diferentes plataformas e navegadores só foi possível graças a utilização de um design responsivo.

Com a finalidade de avaliar a eficácia da ferramenta, foi feito um levantamento através de um questionário aos alunos que utilizaram o sistema. O questionário foi disponibilizado através de um menu disponível no site do sistema, porém, abrindo um link externo ao site, o que garante o anonimato dos respondentes.

O sistema apresentou uma quantidade de 217 usuários diferentes que o acessaram, porém, nem todos responderam o questionário. Isso resultou um total de 65 respondentes.

O questionário avaliado possuía três partes distintas, uma para traçar o perfil dos usuários do sistema, uma para avaliar a usabilidade do site e outra para avaliar a eficácia da simulação. Esse questionário foi elaborado com auxílio dos especialistas, os quais avaliaram e sugeriram as perguntas a serem realizadas.

Na primeira parte, a identificação do perfil, se deu identificando quais os cursos em que os estudantes estavam matriculados (Figura 5), em qual o período o usuário estava (Figura 6), a disciplina que ele estava cursando (Figura 7) e se era a primeira vez que ele assistia àquela disciplina.

Sobre os cursos 82% dos respondentes falaram estar fazendo Farmácia (51 respondentes), 6% Medicina (4 respondentes), 5% Enfermagem (3 respondentes), 3% Fisioterapia (2 respondentes), 3% Odontologia (2 respondente), 3% Biomedicina (2

respondentes) e 2% Mestrado em Biologia Parasitária (1 respondente). Sobre o período em que estavam 25% dos respondentes (16) estavam cursando o nono período, 18% dos respondentes (12) serem formados, 18% (12) cursavam o décimo período, 8% (5) o oitavo período, 6% (4) o sexto período, 6% (4) o décimo primeiro período e 21% (12) cursavam os demais períodos. Sobre o curso, todos os que se disseram formados eram o mestrando, apenas um único respondente afirmou estar cursando uma pós-graduação.

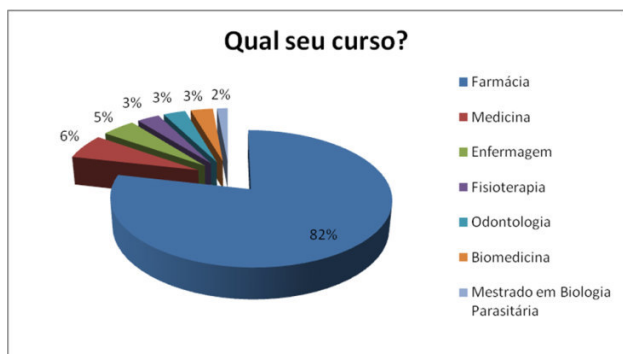


Figura 5. Perguntas questionário – Qual curso

Sobre a navegabilidade e usabilidade do site do sistema, 91% dos respondentes (59) afirmaram que o site propiciou uma navegação dinâmica e simples, já 9% (6) afirmaram que o site não propiciou isto. A utilização do manual do usuário também foi avaliada e 82% (53) afirmaram não ter utilizado o manual nenhuma vez e 18% (12) afirmaram a necessidade da sua utilização de pelo menos uma vez. Segundo a definição de interface ergonômica utilizada, estes dados confirmam a ergonomia do sistema desenvolvido, pois a maioria dos usuários do sistema não precisou utilizar o manual para realizar suas tarefas.

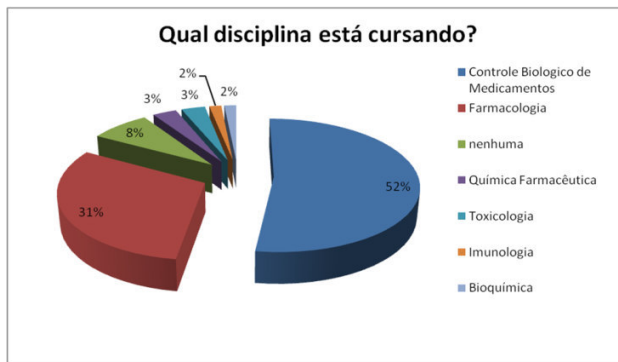


Figura 7. Perguntas questionário – Qual disciplina cursava

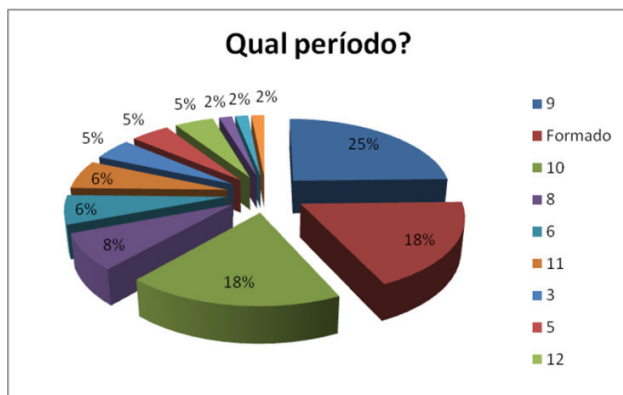


Figura 6. Perguntas questionário – Qual período

Quanto à disciplina que estavam cursando, 52% dos respondentes (34) cursavam a disciplina de Controle Biológico de Medicamentos, 31% (20 respondentes) estavam cursando a disciplina de Farmacologia, 8% (5) se disseram não estar cursando nenhuma disciplina, destes, todos já eram formados; 3% (2) estavam na disciplina de Química Farmacêutica, 3% (2) faziam Toxicologia, 2% (1) cursava Imunologia e 2% (1) estava na disciplina de Bioquímica.

Sobre ser a primeira vez realizando a disciplina, 91% (59) afirmaram ser a primeira vez e 9% (6) afirmaram não ser a primeira vez, os quais preferiram não responder sobre o motivo de ter repetido. Porém, conforme apresentado pelo questionário, os mesmos usuários que disseram não estar cursando nenhuma disciplina, disseram também não ser a primeira vez que a fazem.

A segunda parte do questionário possuía perguntas referentes à usabilidade do site. Nessa parte os usuários eram questionados sobre a navegabilidade e usabilidade do site, se eles precisaram utilizar o manual do sistema, se o site esclareceu alguns conceitos abstratos e também solicitava uma avaliação quanto à satisfação ao site (Figura 8).

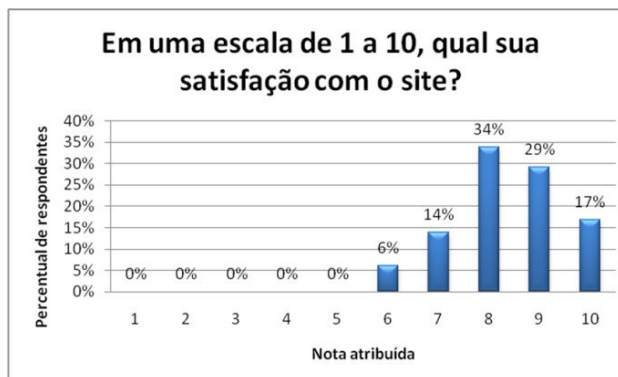


Figura 8. Perguntas questionário – Satisfação com o site

Sobre o esclarecimento dos conceitos farmacodinâmicos envolvidos, 98% (64) dizem ter esclarecido alguns conceitos e apenas 2% (1) dizem que não foi o suficiente para o esclarecimento. Já sobre a satisfação com o site, em uma escala de 1 a 10, o site recebeu avaliação média de 8,36 pontos, sendo que 17% dos respondentes (11) deram nota 10, outros 29% (19) atribuíram nota 9, 34% (22) atribuíram nota 8, 14% (9) nota 7 e 6% (4) nota 6.

Já a terceira parte do questionário avaliava a simulação propriamente dita. Nessa parte os usuários eram questionados sobre: a clareza dos casos clínicos, a quantidade de drogas modeladas, o detalhamento dos conceitos, o entendimento das cascatas de sinalização, o entendimento dos efeitos farmacodinâmicos do medicamento, a satisfação do usuário quanto à simulação e o quanto a simulação facilitou a relação do relatório final.

O entendimento dos casos clínicos e das informações necessárias sobre os pacientes é essencial para que o aluno entenda o motivo dele estar realizando aquela simulação e também facilita o entendimento do que a simulação está tentando demonstrar. Por

este motivo, os usuários foram questionários sobre a clareza dos casos clínicos e se as informações dos pacientes foram suficientes. Sobre a clareza dos casos clínicos 94% (61) dizem estarem claros e apenas 6% (4) afirmou que os casos clínicos não ficaram claros o suficiente. Já sobre as informações dos pacientes para o caso clínico, 86% (56) dizem ser suficientes e 14% (9) dizem não ser suficientes. O questionário não solicitava sugestões sobre outras variáveis do paciente que seria importante para a simulação.

Sobre a quantidade de drogas modeladas, 91% (59) afirmaram ser suficiente para tratar o paciente e apenas 9% (6) dizem não ser suficiente. Já sobre a simulação auxiliar no entendimento sobre a sensibilização da asma e o entendimento das cascatas de sinalização, 88% (57) afirmam ter facilitado e apenas 12% (8) dizem não ter facilitado.

Para facilitar o entendimento do que é simulado, o sistema possui um campo onde são descritos os eventos. Segundo os especialistas envolvidos, essa descrição dos eventos facilita o usuário no entendimento das cascatas de sinalizações envolvidas. Sendo assim, os usuários foram questionados sobre o detalhamento desses eventos. Nessa pergunta, 89% dos respondentes (58) disseram estar bem detalhados e 11% (7) dizem não estar bem detalhado. Já sobre o entendimento dos efeitos do medicamento no organismo, 95% (62) disseram ter facilitado e apenas 5% (3) disseram não ter facilitado o entendimento dos efeitos.

Na avaliação da satisfação com a simulação em si, 22% dos respondentes (14) deram nota 10 (totalmente satisfeito), 28% (18) deram nota 9, outros 34% (22) respondentes atribuíram nota 8, outros 11% (7) deram nota 7, 5% (3) deram nota 6 e 2% (1) atribuíram nota 5. Isso mostra a satisfação dos usuários em relação à simulação, pois nota média obtida foi de 8,46.



Figura 9. Perguntas questionário – Satisfação com a simulação

Como ao final da simulação os usuários eram convidados a relatar o que acabaram de observar, eles foram questionados sobre o quanto a simulação facilitou essa redação, sendo que essa pergunta o usuário indicaria por meio de um intervalo entre 1 (nenhuma contribuição) e 10 (suma importância). Nessa pergunta 18% dos respondentes (12) dizem que a simulação foi de suma importância para a redação, atribuindo nota máxima (nota 10), 25% (16) deram nota 9, 34% (22) nota 8, 12% (8) nota 7, 6% (4) atribuíram nota 6, 3% (2) atribuíram nota 5 e 2% (1) nota 4. Aqui já é possível observar uma grande variação nas notas recebidas, contudo, mesmo existindo notas que variaram entre 4 e 10, a média das notas resultou uma nota consideravelmente alta, 8,21.

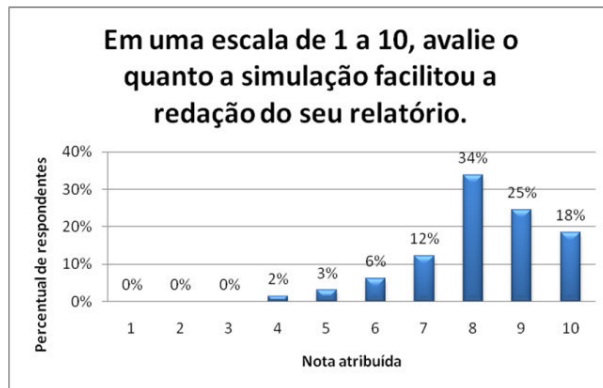


Figura 10. Perguntas questionário – Quanto a simulação facilitou a redação do relatório

7. CONCLUSÕES

Este artigo apresenta um sistema inteligente desenvolvido para auxiliar no ensino e aprendizagem em farmacologia. Para identificar o problema dos alunos, aplicado um questionário em turmas no Centro de Ciência da Saúde (CCS) da Universidade do Vale do Itajaí.

Com o questionário aplicado, foi possível observar que a maioria dos alunos afirma a necessidade de um software de computação para auxiliar no ensino/aprendizagem devido ao uso de conceitos abstratos e difíceis de serem visualizados no mundo real e também de imaginá-los. Além disso, a pesquisa foi fundamental para definição da arquitetura utilizada, pois como 84,6% dos alunos utilizam material disponível na internet, o sistema desenvolvido foi um sistema Web.

Para o desenvolvimento desse projeto foram estudadas diversas metodologias, como nenhuma se enquadrava na necessidade desse projeto, foi proposta uma nova metodologia. Essa nova metodologia se preocupa com o desenvolvimento de sistemas inteligentes voltados à redução de abstração de conceitos, pois sua ideia é utilizar uma ontologia para auxiliar nessa redução da abstração.

Após o desenvolvimento do sistema, ele foi avaliado por estudantes de mestrado e de iniciação científica das universidades UniCEUMA, UFRJ e FSMA, que atuam nas áreas da saúde. O período de avaliação foi de 5 de junho de 2014 a 18 de agosto de 2014.

Com base nos dados obtidos do Google Analytics e do questionário de avaliação, percebe-se que nem todas as pessoas que utilizaram o sistema responderam o questionário. Isso pode ter ocorrido devido à pressa dos usuários ao utilizar o sistema, negligência ao responder o questionário ou até mesmo a falta de interesse no uso da ferramenta. Porém, com base nos questionários avaliados é possível observar que mais da metade dos respondentes afirmam que a organização do site possibilitou uma navegação dinâmica e fácil, o que significa uma boa ergonomia e usabilidade; e a simulação desenvolvida auxiliou no entendimento dos conceitos envolvidos.

Em uma escala entre 1 e 10, o site recebeu avaliação média de 8,36 pontos, quanto à avaliação da simulação, a média obtida foi de 8,46 pontos. Porém, a avaliação referente à facilitação na elaboração do relatório, a média obtida foi de 8,21 pontos. Com isso, pode-se concluir que o sistema foi bem avaliado pelos estudantes que o utilizaram, e também auxilia na comprovação de

que o uso de um simulador é capaz de reduzir o nível de abstração de alguns conceitos.

Como trabalhos futuros, é importante a ampliação dessa ferramenta desenvolvida, tratando diversos tipos de doença, e não apenas a asma; modelar diferentes medicamentos e criar animações tridimensionais para facilitar ainda mais a visualização do usuário.

Além disso, a ferramenta aqui apresentada tem seu foco apenas na farmacodinâmica dos medicamentos no organismo, ampliar essa ferramenta apresentando a farmacocinética também, auxiliaria ainda mais os estudantes nos conceitos abstratos, pois permite a visualização de como o medicamento foi absorvido, transportado, transformado e excretado do organismo.

8. REFERÊNCIAS

- [1] Abdullah, S., Shariff, A. (2008). "The effects of inquiry-based computer simulation with cooperative learning on scientific thinking conceptual understanding of gas laws". *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(4), 387-398.
- [2] Abraham, A. (2005) *Rule Based Expert Systems*, In: Sydenham, P.; Thorn, R.; *Handbook for Measurement Systems Design*, John Wiley and Sons Ltd., London, ISBN 0-470-02143-8, pp. 909-919.
- [3] Ávila, V. A. (2010). "Desenvolvimento de uma ferramenta audiovisual aplicada ao ensino de farmacologia" Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado Profissional em Ensino da Ciência da Saúde e do Meio Ambiente. Centro Universitário de Volta Redonda, UNIFOA. Volta Redonda, Rio de Janeiro.
- [4] Banks, J. (1998) *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. 1ªed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Bergqvist, L. (2000) "Monte Carlo Simulations of Ferromagnetic Quasi Two Dimensional Spin Model Systems". Master of Science Thesis. Uppsala University.
- [6] Capeletto, A. (1992). *Biologia e Educação: roteiros de trabalho*. 1ª ed. São Paulo: Editora Ática.
- [7] Clark, D., Jorde, D. (2004). "Helping students revise disruptive experientially supported ideas about thermodynamics: Computer visualizations and tactile models". *Journal of Research in Science Teaching*, 41(1), 1-23.
- [8] Concord Consortium. About Molecular Workbench. Disponível em <<http://mw.concord.org/modeler/moremw.html>>. Acessado em 05 de setembro de 2014.
- [9] Cottam, H.; Shadbolt, N.; Milton, N. (1998) *Acquiring Knowledge for Business Process Re-Engineering*. in: *Proceedings of AAAI-98 workshop on Using AI for Knowledge Management and Business Process Engineering*, July 1998.
- [10] Darwiche, A. (2009). "Modeling and reasoning with Bayesian Networks". Cambridge University Press.
- [11] Funke, J. (1998). "Computer-Based Testing and Training with Scenarios from Complex Problem-Solving Research: Advantages and Disadvantages". *International Journal of Selection and Assessment*, n. 6, 90-96.
- [12] Gomez-Perez, A.; Fernandez-Lopez, M.; Corcho, O. (2004). *Ontological Engineering with Examples from the Areas of Knowledge Management, e-Commerce and Semantic Web*. 1ª ed.
- [13] Grüninger, M.; Fox, M. S. (1995) *Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies*.
- [14] Hull, E.; Jackson, K.; Dick, J. (2005) *Requirements Engineering*. 2 ed. Springer.
- [15] Jackson, P. (1998). *Introduction to Expert Systems*. 3ª ed. ISBN 978-0-201-87686-4.
- [16] Katzung, B. G. (2010). *Farmacologia Básica e Clínica*. 10ª ed. McGraw Hill Brasil.
- [17] Kelton, W. D., Sadowski, D. A., Sadowski, R; P. (2002). *Simulation with arena*. 2ª ed. Boston, MA: McGraw-Hill, ISBN 00701122397.
- [18] Laguardia, J., Penna, M. L. (1999). "Definição de caso e vigilância epidemiológica". *Inf. Epidemiol. Sus v.8 n.4 Brasília dic*.
- [19] Machado-Spence, N.C.; Carvalho, M. J. S. (2012) *Práticas de letramento digital: o Moodle, os blogs e o Facebook como recursos na formação de professores*. In: *XVII Congresso de Internacional de Informática Educativa 2012*, Santiago. *Nuevas Ideas em Informática Educativa*. Santiago: Jaime Sánchez, editor, 2012. v. 1. p. 252-259.
- [20] Oppenheimer, T. (1997). "The Computer Dilusion". *The Atlantic Monthly*. Vol. 280, no. 1; 45-62.
- [21] Poli, R., Healy, M., Kameas, A. (2010). *Theory and Applications of ontology: Computer Applications*, Springer.
- [22] Rang, M. M., Dale, J. M., et al. (2011). *Rang & Dale's Pharmacology*, 7ª ed, Elsevier Inc.
- [23] Rauta, L. R. P.; Batista, A. F.; Fernandes, A. M. R. (2014). *The use of computational tools in teaching Pharmacology*. In: *9th CISTI, 2014, Barcelona - Espanha. Proceedings of 9th CISTI*. Braga, Portugal: AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información), 2014. v. 1. p. 677-682.
- [24] Russel, G. (2011). "Computer Mediated School Education and the Web". *First Monday*, vol. 6.
- [25] Schellack, G. (2005) *Farmacologia na prática clínica da área de saúde*. São Paulo – SP : Editora Fundamento Educacional.
- [26] Schreiber, G.; Akkermans, H.; Anjewierden, A.; De Hoog, R.; Shadbolt, N. R.; Van De Velde, W.; Wielinga, B. J. (2000) *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology*, MIT Press.
- [27] Staab, S., Studer, R. (2009). *Handbook on Ontologies: International Handbooks on Information System*. 2ª ed., Springer Verlag.
- [28] Sure, Y.; Staab, S.; Studer, R. (2004) *On-To-Knowledge Methodology (OTKM)*. In: SURE, Y.; STAAB, S.; STUDER, R.; *Handbook on Ontologies: International Handbooks on Information Systems*, Springer.
- [29] Udo, M. E. (2010). "Effects of guided-discovery, student-centred demonstration and the expository instructional strategies on students' performances in chemistry". *African Research Review*, 4 (4), 389-398.