

**UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FGA - FACULDADE GAMA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**BIOMÉDICA**

**Acesso a Conteúdos de Repositórios Biomédicos Digitais Através de  
uma Interface com Boneco Anatômico Web 3D**

**Thiago Henrique Ramos da Mata**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. André Barros de Sales**

**CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelino Monteiro de Andrade**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**PUBLICAÇÃO: 014A/2013**

**BRASÍLIA/DF: Outubro – 2013**



**UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FGA - FACULDADE GAMA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**BIOMÉDICA**

**Acesso a Conteúdos de Repositórios Biomédicos Digitais Através de  
uma Interface com Boneco Anatômico Web 3D**

**Thiago Henrique Ramos da Mata**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA FACULDADE GAMA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof. Dr. André Barros de Sales**  
**(Orientador)**

---

**Prof. Dr. Cristiano Jacques Miosso**  
**(Examinador Interno)**

---

**Profa. Dra. Márcia Barros de Sales**  
**(Examinadora Externa)**

**BRASÍLIA/DF, 11 DE OUTUBRO DE 2013.**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

**THIAGO HENRIQUE RAMOS DA MATA**

Acesso a conteúdos de repositórios biomédicos digitais através de uma Interface com Boneco Anatômico Web 3D, [Distrito Federal] 2013.

189 p., 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2013).  
Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade Gama. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

1. REPOSITÓRIO

2. OBJETO DE APRENDIZAGEM

3. WEB

4. BONECO ANATÔMICO

I. FGA UnB Gama/ UnB.

II. Acesso a conteúdos de repositórios biomédicos digitais através de uma Interface com Boneco Anatômico Web 3D (2013)

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

MATA, T. H. R. (2013). Acesso a conteúdos de repositórios biomédicos digitais através de uma Interface com Boneco Anatômico Web 3D. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 014A/2013, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 189 p.

**CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: THIAGO HENRIQUE RAMOS DA MATA.

TÍTULO: Acesso a conteúdos de repositórios biomédicos digitais através de uma Interface com Boneco Anatômico Web 3D

GRAU: Mestre

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

2013

ENDEREÇO.

CEP 72444-240 Área Especial, Projeção A, UnB - Setor Leste – Brasília, Gama – Brasil.

## **DEDICATÓRIA**

*Para Anna Karolina Nascimento, com amor.*

*O começo de todas as ciências é o espanto  
de as coisas serem o que são.*

*Aristóteles.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que tem preparado meu caminho e guiado os meus passos.

Aos meus orientadores, pelos ensinamentos, paciência e amizade. Ao professor Afrânio pelo auxílio na pesquisa estatística.

Aos meus familiares, que muito se esforçaram não apenas para que eu tivesse bons estudos, mas para que eu pudesse compreender a importância disto. Vocês me servem como fortaleza, apoio e exemplo.

A minha querida esposa, com a qual pude sempre contar durante toda essa jornada. Não existem palavras que podem agradecer o privilégio de ter tão nobre companhia.





## RESUMO

### **Acesso a Conteúdos de Repositórios Biomédicos Digitais Através de uma Interface com Boneco Anatômico Web 3D**

**Autor: Thiago Henrique Ramos da Mata**

**Orientador: Prof. Dr. André Barros de Sales**

**Co-orientador: Prof. Dr. Marcelino Monteiro de Andrade**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica**

**Brasília, Outubro de 2013.**

Os repositórios biomédicos têm se destacados nos meios científicos, clínicos e educacionais. Mas, conforme Duncan (2003), problemas de acessibilidade, usabilidade, divulgação e falta de personalização podem reduzir o sucesso de alguns desses repositórios com suas comunidades. Esta dissertação relata o desenvolvimento de uma interface com boneco anatômico *Web 3D* como facilitadora da utilização dos repositórios biomédicos. Inicia-se com uma pesquisa bibliográfica sobre os repositórios biomédicos, sendo selecionados os 10 mais referenciados. Para avaliá-los, aplicou-se os critérios de avaliação de objetos de aprendizagem de Leacock e Nesbit (2007). Posteriormente, foi realizado um levantamento bibliográfico dos Bonecos Anatômicos *Web 3D*, dos quais sete foram encontrados. Para avaliá-los, foi feita uma busca bibliográfica na qual constatou-se a falta de critérios de avaliação de bonecos. Assim, tendo como base os requisitos de usabilidade defendidos por Nielsen (2003) e Sommerville (2011), as recomendações da WCAG (2008) da W3C e os critérios de avaliação de Leacock e Nesbit (2007) e de Youngblood et al. (2005), foi proposto um conjunto com oito critérios para avaliação de Bonecos Anatômicos *Web 3D*, sendo eles: acessibilidade, interatividade, interoperabilidade, independência tecnológica, licença e termos de uso, interatividade, navegabilidade, realismo e tridimensionalidade. Desse conjunto, os três últimos critérios referem-se a usabilidade e os cinco últimos foram definidos nesta pesquisa. Para avaliar a usabilidade de tais bonecos, foram convidadas 27 pessoas, das quais 6 mulheres e 21 homens, entre estudantes de computação e profissionais graduados da área da saúde ou informática. Desenvolveu-se uma Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* utilizando o boneco *Zygote Body*, em virtude de ter sido entre os bonecos *client-side* o mais pontuado. Essa Interface, ao ser avaliada pelos mesmos critérios aplicados nos repositórios, obteve a pontuação superior dos demais repositórios. Análises sistemáticas estatísticas validaram essa pesquisa com um ganho 86.67% com *p-value* 0,012, sendo essa interface uma estratégia eficiente na melhora da acessibilidade, na usabilidade dos repositórios e na distribuição do conteúdo dos repositórios.

**Palavras-chaves:** Repositórios Biomédicos Digitais, Objeto De Aprendizagem, Usabilidade, Acessibilidade, Boneco Anatômico *Web 3D*.

## **ABSTRACT**

### **Access to Content of Digital Biomedical Repositories Through a Web Interface with 3D Anatomical Manikin**

**Author: Thiago Henrique Ramos da Mata**

**Supervisor: Dr. André Barros de Sales**

**Co-supervisor: Dr. Marcelino Monteiro de Andrade**

**Post-Graduation Program in Biomedical Engineering**

**Brasília, October of 2013.**

The biomedical repositories have gained prominence in the scientific, clinical and educational. However, problems of accessibility, usability, reporting and lack of customization can reduce the success of some of these repositories with their communities (DUNCAN, 2003). This paper reports the development of an interface with Web 3D anatomical manikin as a facilitator of the use of biomedical repositories. It begins with a literature search on biomedical repositories, being selected the 10 most referenced. To evaluate them, we applied the criteria for evaluating learning objects from Leacock and Nesbit (2007). Subsequently, we conducted a literature review of Web 3D Anatomical Manikins, of which seven matches. To evaluate them, we performed a literature search in which it was found the lack of evaluation criteria to web anatomical manikins. Therefore, based on the usability requirements advocated by Nielsen (2003) and Sommerville (2011), on the recommendations of the WCAG (2008) and on the evaluation criteria of Leacock and Nesbit (2007) and Youngblood et al. (2005), was proposed a set of eight criteria for evaluating Web 3D Anatomical Manikins. They are accessibility, interactivity, interoperability, technological independence, license and terms of use, navigability, realism and three-dimensionality. From this set, the first three criteria are related to usability and the last five were defined in this study. To evaluate the usability of such manikins were invited 27 people, including 6 women and 21 men, students and professional computing graduates or health science. The Anatomical Interface with 3D Web Manikin developed used the Zygote Body, by virtue of having been, among the client-side manikins, which scored highest. When compared with the repositories, the interface received higher scores from them. Systematic statistical analyzes validated this research with a gain 86.67% with p-value 0.012, confirming this interface to be an effective strategy in improving the accessibility, usability of the repositories and the distribution of the contents of the archives.

**Keywords:** Biomedical Digital Repository, Learning Objects, Usability, Accessibility, 3D Anatomical Web Manikin.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	23
1.1 Contextualização e Formulação do Problema.....	25
1.2 Objetivos.....	30
1.2.1 Objetivo geral.....	30
1.2.2 Objetivos específicos.....	30
1.3 Revisão da Literatura.....	30
1.4 Organização do Trabalho.....	33
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	35
2.1 Sinal Biomédico.....	36
2.2 Repositórios Digitais.....	38
2.3 Ontologia.....	45
2.4 HTML.....	51
2.5 Web Service.....	54
2.6 Usabilidade.....	57
2.7 Acessibilidade.....	60
2.8 Objetos de Aprendizagem.....	63
2.9 Bonecos Anatômicos Web.....	65
2.10 Considerações Finais.....	70
3 METODOLOGIA.....	73
3.1 Delimitação do Estudo e coleta de dados.....	75
3.2 Seleção dos Repositórios Digitais Biomédicos.....	76
3.3 levantamento biográfico e seleção dos Bonecos Anatômicos web 3D.....	78
3.3.1 Definição de Critérios para Avaliação de Bonecos Anatômicos Web 3D.....	79
A seguir são apresentados os oito critérios propostos nesta pesquisa para avaliação dos Bonecos Anatômicos Web 3D:.....	83
Critério 1 - Independência Tecnológica.....	83
Critério 2 - Interoperabilidade.....	85
Critério 3 - Acessibilidade.....	87
Critério 4 - Licenças e Termos de Uso.....	88
Critério 5 - Navegabilidade.....	90

Critério 6 - Interatividade .....	91
Critério 7 - Tridimensionalidade.....	93
Critério 8 - Realismo.....	94
3.4 verificação e avaliação da usabilidade dos bonecos Anatômicos Web 3D .....	97
3.5 Definição dos Requisitos da Interface para Repositórios Biomédicos.....	100
3.6 solução proposta para comunicação entre repositórios biomédicos e usuários	106
3.7 Considerações Finais .....	110
4 RESULTADOS .....	113
4.1 Avaliação dos Repositórios .....	113
4.2 Avaliação de Bonecos Anatômicos .....	118
4.3 Interface para Repositórios Digitais Biomédico com Boneco Anatômico 3D.....	124
avaliação da interface proposta .....	128
4.4 Considerações Finais .....	131
5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO .....	133
6 TRABALHOS FUTUROS .....	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	141
APÊNDICES.....	155
APÊNDICE 1: Descrição do fluxo de utilização do sistema.....	156
APÊNDICE 2: Termo de Consentimento .....	157
APÊNDICE 3: Pontuação dos Repositórios comparados com a interface .....	158
APÊNDICE 4: Pontuação dos Bonecos Anatômicos comparados com a interface.....	159
APÊNDICE 5: Questionário de Avaliação de Bonecos Anatômicos Web 3D .....	160
APÊNDICE 6: Definição de critérios para avaliar bonecos anatômicos 3D na web para ensino na área da saúde ou aplicações médicas .....	168
APÊNDICE 7: Definição de Critérios Computacionais para Avaliar Bonecos Anatômicos 3D na Web para Ensino na Área de Saúde ou Aplicações Médicas .....	180
APÊNDICE 8: Acessibilidade em Bonecos Anatômicos 3D para Web.....	182
ANEXOS.....	185
ANEXO 1: Critérios de pontuação – LORI .....	186

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Uso de Linguagem Cliente no HTML .....	54
<b>Tabela 2:</b> Pontuação dos Repositórios .....	116
<b>Tabela 3:</b> Pontuação dos Bonecos Anatômicos.....	120
<b>Tabela 4:</b> Variáveis da Distribuição Normal na Pontuação dos Bonecos Anatômicos Web 3D .....	122
<b>Tabela 5:</b> Pontuação dos Repositórios comparados com a Interface.....	158
<b>Tabela 6:</b> Pontuação dos Bonecos Anatômicos comparados com a Interface .....	159



## LISTA DOS QUADROS

<b>Quadro 1</b> Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da independência tecnológica.....	84
<b>Quadro 2</b> Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da interoperabilidade .....	86
<b>Quadro 3</b> Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da licença e termos .....	89
<b>Quadro 4</b> Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da interoperabilidade .....	90
<b>Quadro 5</b> Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da interatividade ..	92
<b>Quadro 6</b> Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da tridimensionalidade.....	93
<b>Quadro 7</b> Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério do realismo .....	95
<b>Quadro 8</b> Requisitos da Interface Proposta.....	101





## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Exemplo de Sinal Biomédico do <i>Visible Human Project</i> (VHP, 2000).....	37
<b>Figura 2:</b> Um pequeno universo especificado usando ontologia. ....	47
<b>Figura 3:</b> Relação Sujeito-Predicado-Objeto .....	47
<b>Figura 4:</b> Exemplo de grafo de Rede Semântica (SANFILLIPPO, 2013) .....	50
<b>Figura 5:</b> Aplicação com RDF, SPARQL e WS.....	56
<b>Figura 6:</b> Apresentação de boneco anatômico para questionário .....	98
<b>Figura 7:</b> Apresentação de critério para avaliação no questionário.....	99
<b>Figura 8:</b> Grafo de dependência dos requisitos .....	106
<b>Figura 9:</b> Fluxo de Comunicação entre repositórios, servidor e usuário.....	108
<b>Figura 10:</b> Caso de Uso do Sistema da Interface 3D para Repositórios .....	109
<b>Figura 11:</b> Protótipo da Interface 3D para Repositórios.....	110
<b>Figura 12:</b> Gráfico com a avaliação de Repositórios Biomédicos Segundo o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI (LEACOCK E NESBIT, 2007) .....	115
<b>Figura 13:</b> Gráfico de Avaliação dos Repositórios Biomédicos por critério do LORI de Leacock e Nesbit (2007).....	117
<b>Figura 14:</b> Histograma da Pontuação dos Repositórios .....	118
<b>Figura 15:</b> Gráfico com a pontuação dos bonecos por critério .....	119
<b>Figura 16:</b> Gráfico de pontuação por critério dos bonecos .....	121
<b>Figura 17:</b> Gráfico de comparação da avaliação dos autores com o resultado do questionário .....	123
<b>Figura 18:</b> Tela da Interface 3D para Repositórios Pesquisando por Pulmões .....	125
<b>Figura 19:</b> Detalhe da Publicação Expandida.....	126
<b>Figura 20:</b> Exemplo de Grafo gerado pelo sistema .....	127
<b>Figura 21:</b> Exemplo de fotografia de corte sincronizado com o elemento selecionado..	128

<b>Figura 22:</b> Gráfico Comparativo da pontuação da Interface 3D com os Repositórios segundo LORI de Leacock e Nesbit (2007).....	129
<b>Figura 23:</b> Gráfico Comparativo da Interface Web 3D com os Bonecos .....	130
<b>Figura 24:</b> Modelo do Negócio da Interação Usuário e Repositório .....	156

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

AL – Acesso Livre

BioCreATivE - *Critical Assessment of Information Extraction systems in Biology*

Birn – *Biomedical Informatics Research Network*

caBIG – *Cancer Biomedical Informatics Grid*

CRPD – *United Nations Convention on the Rights of Persons with Disabilities*

CT – *Computed Tomography*

DBCLS – *Database Center for Life Science*

DOAJ – *Directory of Open Access Journals*

DTD – *Document Type Definition*

EMR – *Electronic Medical Record*

FGED – *The Functional Genomics Data Society*

GEO – *Gene Expression Omnibus*

HTML – *HyperText Markup Language*

HTML5 – *5th major revision of the core of HyperText Markup Language*

HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*

IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

IETF – *Internet Engineering Task Force*

IOM – *Institute of Medicine of National Academies of Science*

LOM – *Learning Object Metadata*

LORI – *Learning Object Review Instrument*

MAGE-ML – *MicroArray and Gene Expression Markup Language*

MAGE-OM – *MicroArray Gene Expression Object Model*

MGED – *Microarray Gene Expression Data*

MIAME – *Minimum Information About a Microarray Experiment*

MO – *Microarray Gene Expression Data Ontology*

MR – *Magnetic Resonance*

NCBI – *National Center for Biotechnology Information*

NIH – *National Institute of Health*

NLM – *The National Library of Medicine*

OA – *Open Access*

OWL – *Web Ontology Language*

PLOS – *Public Library of Science*

RDF – *Resource Description Framework*

RDFS – *RDF Schema*

REST – *Representational State Transfer*

RF – *Requisito Funcional*

RNF – *Requisito Não Funcional*

RSNA – *Radiological Society of North America*

SGML – *Standard Generalized Markup Language*

SMD – *Stanford Microarray Database*

SOAP – *Simple Object Access Protocol*

SPARQL – *SPARQL Protocol and RDF Query Language*

SQL – *Structured Query Language*

TI – *Tecnologia da Informação*

UML – *Unified Modeling Language*

VistA – *Veterans Health Information Systems and Technology Architecture*

WAI – *Web Accessibility Initiative*

WAI-AGE – *Web Accessibility for Older Users*

WCAG – *Web Content Accessibility Guidelines*

WS – *Web Service*

WSDL – *Web Service Definition Language*

W3C – *World Wide Web Consortium*

XML – *Extensible Markup Language*



# INTRODUÇÃO

Os repositórios biomédicos têm ganho uma maior importância tendo em vista os ganhos científicos, clínicos e educacionais que são obtidos com a sua utilização efetiva. Mas, problemas de acessibilidade<sup>1</sup>, usabilidade<sup>2</sup>, divulgação e falta de personalização podem estar reduzido o sucesso de algumas destas implementações com suas comunidades. Isso porque o sucesso dos repositórios digitais dependente de muito mais do que uma infraestrutura ou das ferramentas de *software*; dependente também das pessoas que vão formar a comunidade que vai utiliza-lo (DUNCAN, 2003).

Uma avaliação focada nas pessoas e em prover ativamente os meios para que essas possam ensinar e aprender é a definição dos objetos de aprendizagem<sup>3</sup> (WILEY, 2000). Assim, essa proposta inicia-se avaliando os repositórios biomédicos, utilizando os critérios de avaliação de objetos de aprendizagem do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007).

Fazendo uso dos recursos tecnológicos atualmente disponíveis, é possível fornecer um meio alternativo de acessarem-se as publicações acadêmicas e sinais existentes em alguns repositórios digitais. Assim, esse trabalho apresenta os requisitos e o desenvolvimento de uma Interface com Boneco Anatômico *Web 3D*, que venha a ser uma alternativa ao acesso às publicações acadêmicas e sinais existentes nos repositórios biomédicos, e que seja

---

<sup>1</sup> Acessibilidade – É a dimensão para um produto, sistema ou ambiente na medida em que este pode ser usado por pessoas com a mais ampla variedade de características e capacidades (ISO/IEC 26514, 2008) para atingir um objetivo específico num determinado contexto de uso (ISO/IEC 25010, 2011). Melhor descrita no tópico 2.8 da Fundamentação Teórica.

<sup>2</sup> Usabilidade – É a dimensão na qual um produto pode ser utilizado por um grupo específico de usuários para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso (ISO 9241-11, 1998; ISO/IEC 25010, 2011). Melhor descrita no tópico 2.7 da Fundamentação Teórica.

<sup>3</sup> Objeto de Aprendizagem - Qualquer entidade, digital ou não-digital, que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada por alguma tecnologia de suporte ao aprendizado (IEEE, 2002). Melhor descrito no tópico 2.8 da Fundamentação Teórica.

desenvolvida com o propósito de ser melhor pontuada segundo o mesmo Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem.

Para tal, foram utilizados alguns dos recursos mais recentes disponíveis no Padrão Geral de Linguagens de Marcação – *HyperText Markup Language* – (HTML), além da capacidade de integração via Serviços *Web* – *Web Services* - (WS) dos repositórios biomédicos, para que esta interface se apresente como uma alternativa para o acesso às publicações acadêmicas e sinais disponíveis nos repositórios digitais biomédicos.

Como essa Interface faz uso de Bonecos Anatômicos *Web* 3D, este trabalho também apresenta um levantamento dos bonecos anatômicos disponíveis na *Web*, introduzindo uma proposta de critérios de avaliação destes bonecos para aplicações nas áreas de saúde e médicas. Para os critérios propostos para avaliação de Bonecos Anatômicos *Web* 3D que são relacionados à usabilidade, tendo em vista seu caráter qualitativo e relativo ao usuário, foi aplicado um questionário com estudantes e profissionais de saúde e tecnologia. O resultado deste questionário foi comparado com a avaliação dos autores dos mesmos critérios propostos.

O resultado da avaliação dos Bonecos Anatômicos *Web* 3D por tais critérios foi avaliado e, a partir deste, foi escolhido o boneco a ser integrado à Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D.

Finalmente, a Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D é avaliada pelo Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007), e os resultados desta são comparados com os resultados dos repositórios. Tendo em vista que, para o desenvolvimento desta Interface, modificações foram realizadas no Boneco Anatômico *Web* 3D selecionado, a Interface foi também comparada com os demais Bonecos Anatômicos *Web* 3D, segundo os critérios propostos neste trabalho.



## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O acesso à informação, análise de dados e integração do conhecimento são componentes-chave para a pesquisa biomédica, pois, segundo Burgun e Boderneider (2008), cientistas e médicos precisam ser capazes de integrar seus dados a fim de combinar a informação de múltiplas fontes e comparar seus resultados com o conhecimento prévio.

Tal necessidade tem se tornado cada vez mais importante à pesquisa científica, tendo em vista o notório aumento da quantidade de dados obtidos pelos experimentos médicos e exames clínicos. Conforme o Instituto de Medicina da Academia Nacional das Ciências dos Estados Unidos da América – *Institute of Medicine of National Academies of Science - IOM* (IOM, 1997), os dados médicos nos últimos 50 anos passaram de poucas estruturas simples anotadas no papel para uma quantidade massiva de bancos de dados, *on-line*, contendo *terabytes* para serem avaliados.

No contexto das comunicações formais, as tecnologias e serviços da Internet têm tido um grande impacto nos processos de comunicação científica e na própria indústria de publicação. Antes do aparecimento da Internet, a comunicação formal era baseada no papel, com todas as limitações físicas que condicionavam o tempo e o espaço de comunicação. Algumas destas limitações são, por exemplo, o número de publicações acadêmicas, a quantidade de artigos publicados por número de revista científica, o tamanho dos artigos, o tipo de material publicado, o tempo de publicação, o tempo de revisão do material e o tempo de distribuição (SARMENTO et al., 2005).

Sem a Tecnologia da Informação (TI) para permitir a agregação dos dados conforme suas características e pelo tempo, a prática da medicina baseada em evidências se torna próxima do impossível (OLSEN et al., 2009). Contudo, apenas digitalizar a informação não é suficiente. Conforme afirmado na Conferência sobre Ciência em Atlanta dos Estados Unidos da América – *Atlanta Conference on Science* (CASTRO, 2009), a digitalização é apenas o primeiro passo. Tornar esses dados interoperáveis é um desafio considerável,

tendo em vista a vasta quantidade de dados armazenados em diferentes formatos, organizações e interfaces.

Conforme Lorenzo et al. (2009), o aumento do volume de informações textuais que são armazenadas sem uma estrutura clara faz com que, no pior cenário, as aplicações se tornem inúteis. Na verdade, aplicações como bibliotecas digitais, não têm, segundo tais autores, sido utilizadas adequadamente como ferramentas que proveem a busca e criação de conhecimento de modo eficiente. Isto porque as informações coletadas nesses sistemas ainda permanecem não utilizadas pelos computadores. Tal fato ocorre, principalmente, porque esses recursos são escritos e classificados pela linguagem humana, sendo necessário, portanto, um processamento adicional, no qual novas abordagens são necessárias para fazer com que os computadores possam vir a “compreender” e interpretar o conteúdo.

Deste modo, repositórios digitais surgem como ambientes informacionais digitais para gerência e controle da produção acadêmica e científica de instituições e/ou comunidades, oferecendo vantagens como acesso irrestrito, interoperabilidade dos dados e preservação da informação em longo prazo (CAMARGO E VIDOTTI, 2008). A recuperação da informação biomédica consiste na estruturação, análise, organização, armazenamento e obtenção das informações biomédicas. Ela é importante, não apenas para os usuários finais, tais como biólogos, bioquímicos e bioinformatas, mas também para sofisticação da descoberta do conhecimento (TRIESCHNIGG, 2010). Burgun e Bodenreider (2008) afirmam que uma vantagem de integrar um grande número de microdados de estudos e compilá-los é que isso torna possível a comparação dos resultados de diferentes estudos, a fim de se determinar quais métodos são robustos e produzem resultados consistentes em um vasto número de estudos.

Bancos de sinais biomédicos são utilizados nas engenharias, para o teste e desenho de *softwares*, na investigação científica, em ensaios clínicos e na área da saúde (VARRI, 2001). Para o estudo e pesquisa, a disponibilidade de dados biomédicos de qualidade facilita que novas soluções sejam devidamente avaliadas, exaustivamente testadas. Evitam-se, assim, os problemas típicos da falta de conjunto de dados para ampla avaliação, tais

como: métodos otimizados para os sinais disponíveis, normalmente obtidos pelo próprio pesquisador; incompatibilidade dos dados de teste que dificultam a elaboração de quadros comparativos; o tamanho do conjunto de dados utilizado nos testes não representar uma amostra significativa de casos clínicos e patologias; ausência de informações sobre as condições de aquisição dos dados de teste; falta de qualidade e/ou validade dos *gold-standards* e dados utilizados nos testes; falta de documentação dos procedimentos adotados em testes e dificuldades para reproduzir métodos criados por terceiros, avaliá-los e compará-los (SANTOS e FURUIE, 2006).

Os ganhos desse tipo de solução não são apenas científicos, mas clínicos também. Hanna et al. (2005) mostram que dados médicos, adequadamente organizados, já têm sido utilizados para: monitorar a saúde de uma população e detectar problemas de saúde emergentes; identificar populações de alto risco para doenças; determinar a eficácia de tratamentos; avaliar a quantificar prognósticos; avaliar a utilidade de testes de diagnóstico e programas de triagem; influenciar na política através da análise de custo-efetividade; auxiliar funções administrativas e em monitorar a adequação da assistência médica. Slutsky (2007) afirma ainda que a organização adequada dos dados médicos provê, além da melhora da qualidade da prática clínica, a redução do seu custo.

Entretanto, os repositórios existentes possuem lacunas como falhas de navegação, problemas na usabilidade e acessibilidade, buscas limitadas, pouca divulgação do ambiente e pouca ou nenhuma utilização de serviços personalizáveis (CAMARGO E VIDOTTI, 2008). Essas lacunas podem dificultar que o repositório venha a cumprir seu propósito de prover o acesso facilitado, tornando-se uma mera ferramenta de armazenamento em longo prazo. Duncan (2003) ressalta que a característica que torna um repositório digital mais que um portal é a habilidade de descobrir-se um objeto de aprendizagem e aplicá-lo em um novo uso, em que o termo “objeto de aprendizagem”, mais detalhado por Wiley (2000), não se propõe a ser restritivo, mas refere-se a qualquer recurso digital que possa ser usado para ensinar ou aprender. Assim, utilizando esse foco nos objetos de aprendizagem dos repositórios, pode-se então avaliar a qualidade dos mesmos conforme a proposta de avaliação da qualidade de recursos educacionais sugerida por Leacock e Nesbit (2007).

Os critérios de avaliação de Leacock e Nesbit (2007) se mostraram mais adequados do que as diretrizes de Nielsen e Tahir (2002), utilizadas por Camargo e Vidotti (2008) em sua proposta de avaliação de repositórios, pois, enquanto as recomendações de Nielsen e Tahir (2002) são muito similares aos padrões de acessibilidade da W3C, o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* - LORI de Leacock e Nesbit (2007) avalia os repositórios como objetos de aprendizagem, sendo assim mais próximos ao foco desta pesquisa.

Além disto, entre as recomendações de Leacock e Nesbit (2007) está a compatibilidade com as normas, que avalia a conformidade aos padrões e especificações internacionais, e o cumprimento das recomendações de acessibilidade da W3C. Deste modo, ao avaliarem-se os repositórios pelos critérios de Leacock e Nesbit deve-se avaliá-los segundo os padrões de acessibilidade da W3C que são, em muitos elementos, similares às recomendações de Nielsen e Tahir (2002).

O sucesso dos repositórios digitais vai além de disponibilizar-se uma infraestrutura ou ferramentas de *software*, ele depende das pessoas que vão formar a comunidade que vai utilizá-lo (DUNCAN, 2003). Muitos repositórios são abandonados, encerrados ou pouco utilizados. A incapacidade de alguns destes de mobilizar a comunidade pode ser um dos motivos que os levaram a esta situação.

O acesso aos repositórios pode ser melhorado, e maioria dos pesquisadores espera que assim será. Mas, para tal, não apenas as barreiras devem ser reduzidas, mas o fornecimento do acesso deve ser ativamente facilitado, guiado, consolidado e valorizado (LOWRANCE, 2006). Como os objetos de aprendizagem são centrados nas pessoas (MARTINEZ, 2002), seria de grande valia se gerar alternativas focadas nos objetos de aprendizagem para que o acesso aos sinais e pesquisas existentes nestes repositórios seja facilitado por esta abordagem.

Esse trabalho tem o objetivo facilitar a utilização e acesso aos conteúdos de repositórios biomédicos digitais por uma interface que faça uso de Boneco Anatômico *Web* 3D, dos *Web Services* dos Repositórios e utilizando da abordagem dos Objetos de

Aprendizagem. A utilização do Boneco Anatômico *Web* 3D prove uma facilidade na navegação para encontrar os termos das ontologias anatômicas. A consulta dos *Web Services* disponibilizados pelos repositórios permite a integração desses repositórios à Interface proposta nesse trabalho. A abordagem dos Objetos de Aprendizagem busca prover ativamente meios para que as pessoas possam ensinar e aprender. Para tal se fez necessária a avaliação dos repositórios pelo Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem de Leacock e Nesbit (2007), a especificação dos requisitos técnicos para tal interface e a escolha do boneco anatômico para ser nela utilizado.

Essa Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D para acesso a conteúdos de repositórios biomédicos digitais se faz possível, tendo em vista o número crescente de ferramentas na informática biomédica que têm sido desenvolvidas com *Web Services*. Estes oferecem para a comunidade biomédica, como principais benefícios a interoperabilidade entre sistemas e facilidade de uso, pois, usam protocolos de comunicação padrão sobre a Internet, o que os tornam virtualmente independentes de plataforma (BURGUN E BODENREIDER, 2008).

Esta Interface para acesso aos conteúdos dos repositórios biomédicos digitais se apresenta por um Boneco Anatômico 3D via *Web* pois este traz ganhos de usabilidade, tendo em vista o contexto biomédico dos repositórios. Nielsen (1998) recomenda a utilização do 3D na visualização de objetos físicos que precisam ser compreendidos na sua forma sólida, por exemplo, na localização de elementos anatômicos. Youngblood et al. (2008) demonstra que a utilização de pacientes virtuais em 3D tem comprovadamente mostrado-se efetiva no aprendizado baseado em cenários. Assim, nessa pesquisa será utilizado um modelo virtual anatômico 3D para auxiliar na organização e pesquisa dos elementos nos repositórios.

Diante do exposto, este trabalho apresenta uma pesquisa para avaliar e melhorar os repositórios biomédicos como provedores de objetos de aprendizagem utilizando como métrica o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem de Leacock e Nesbit (2007). Para alcançar tal melhora, foi criada uma Interface com Boneco Anatômico *Web*

3D que acesse as publicações acadêmicas e sinais dos repositórios selecionados nesta pesquisa, via os *Web Services* disponíveis.

## 1.2 OBJETIVOS

### **I.2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma Interface utilizando Boneco Anatômico *Web 3D* como facilitadora de utilização e acesso aos conteúdos de repositórios biomédicos digitais e avaliar sistematicamente o desempenho desta Interface.

### **I.2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são relacionados as áreas de interesse engenharia clínica e informática em saúde. São eles:

1. Revisão bibliográfica para identificar Repositórios Digitais Biomédicos e Bonecos Anatômicos *Web 3D*;
2. Aplicar um instrumento de análise de objetos de aprendizagem nos repositórios digitais biomédicos identificados para avaliá-los enquanto provedores de objetos de aprendizagem;
3. Investigar critérios para avaliação de Bonecos Anatômicos *Web 3D*.
4. Selecionar e avaliar os Bonecos Anatômicos *Web 3D* para serem utilizados na interface desenvolvida.
5. Avaliar estatisticamente a interface desenvolvida com o Boneco Anatômico *Web 3D* comparando-a com os repositórios sem bonecos.

## 1.3 REVISÃO DA LITERATURA

Segundo o Instituto de Medicina da Academia Nacional das Ciências dos Estados Unidos da América – *Institute of Medicine of National Academies of Science* - IOM - (IOM, 1997), nos últimos 50 anos houve um notável aumento da quantidade de sinais biomédicos

obtidos, o que tornou o uso de Tecnologia da Informação (TI) essencial para a prática médica da medicina baseada em evidências (OLSEN et al., 2009). Assim, surgem os repositórios biomédicos como meio de prover o acesso irrestrito, a interoperabilidade dos dados e a preservação da informação em longo prazo (CAMARGO E VIDOTTI, 2008).

Santos e Furuie (2006) descrevem algumas vantagens da organização das imagens médicas em repositórios e dos problemas conhecidos quando o pesquisador realiza o desenvolvimento da sua solução utilizando apenas os dados da sua própria pesquisa. Camargo e Vidotti (2008) fazem uma descrição fundamentada da importância dos repositórios e propõe uma estratégia de avaliação da usabilidade dos mesmos.

Burgun e Bodenreider (2008) ressaltam as tendências nas pesquisas biomédicas e o impacto destas na bioinformática, detalhando em uma série de repositórios existentes. Eles ressaltam, ainda, a importância das anotações, ontologias, infraestrutura e serviços interoperáveis na viabilização de metanálise, comparações e integrações mais efetivas. Lorenzo et al. (2009) reforçam essa ideia, afirmando que, o aumento do volume de informações textuais armazenadas sem uma estrutura clara faz com que, no pior cenário, as aplicações tornem-se inúteis. Reforçam, assim, a importância fundamental que os repositórios têm ganhado com o aumento da quantidade e complexidade das informações biomédicas armazenadas no contexto científico.

Estes repositórios também apresentam grande importância no contexto clínico. Hanna et al. (2005) ressaltam tal importância e como estes têm sido utilizados para: monitorar a saúde de uma população e detectar problemas de saúde emergentes; identificar populações de alto risco para doenças; determinar a eficácia de tratamentos; avaliar e quantificar prognósticos; avaliar a utilidade de testes de diagnóstico e programas de triagem; influenciar na política através da análise de custo-efetividade; auxiliar funções administrativas; monitorar a adequação da assistência médica.

Tais pesquisas ressaltam ainda que, para servir ao seu propósito, Sistemas de Registros Médicos – *Electronic Medical Record* (EMR) devem prover: dados confiáveis e completos; a habilidade de fazer-se cruzamento entre os registros; acessibilidade com

segurança; padrões comuns na informática e interfaces interoperáveis; ferramentas computacionais de fácil utilização; ferramentas computacionais que combinem dados médicos dos pacientes, dados de pesquisa médica enquanto mantém a segurança e privacidade; definições-padrão de doenças, sintomas e reações adversas; o uso de uma padronização mínima dos elementos de dados através de redes, doenças e sintomas.

Slutsky (2007) ressalta como os ganhos clínicos que podem obtidos pelo uso de repositórios podem não apenas melhorar a qualidade, mas também reduzir o custo desta. O referido autor ressalta ainda como o uso de ontologias pode melhorar a usabilidade e relevância desses repositórios na prática clínica. Segundo o IOM (1997), os registros médicos dos pacientes, armazenados em estruturas computacionais, em conformidade com as recomendações do comitê, podem influenciar positivamente a qualidade do cuidado médico em, no mínimo, quatro tópicos: oferecendo meios de melhorar a qualidade e o acesso às informações do quadro clínico do paciente; provendo a integração da informação sobre pacientes ao longo do tempo e por diferentes tipos de abordagem; tornando o conhecimento médico mais acessível para o uso por profissionais quando necessário; provendo suporte a decisão aos profissionais médicos.

Olsen et al. (2009) descreve a importância da tecnologia da informação na prática da medicina baseada em evidências, além de descrever vários repositórios de sucesso nos Estados Unidos da América. Stevens et al. (2003) ressaltam a importância do uso da tecnologia da grade de serviços no contexto científico, visando em especial a melhorar semanticamente os metadados usando ontologias. Disponibilizaram, como resultado, o *software* MyGrid (2003) para facilitar o uso da tecnologia de grade.

Segundo Lowrance (2006), a complexidade, as peculiaridades e a falta de documentação adequada dos dados foram citados pelos pesquisadores dos estudos maiores, mais tradicionais e melhor estabelecidos como as principais barreiras para a reutilização correta dos dados. Segundo a pesquisa, o acesso aos repositórios pode ser melhorado, e maioria dos pesquisadores espera que assim será. Contudo, para tal, não apenas as barreiras devem ser reduzidas, como também o fornecimento do acesso deve ser ativamente facilitado, guiado, consolidado e valorizado.



Para tal, Duncan (2003) propõe a combinação de objetos de aprendizagem com os repositórios. Assim, muito além de uma biblioteca *on-line*, os repositórios devem ativamente prover as funcionalidades necessárias para que os usuários possam consultar, configurar, solicitar, publicar, navegar, coletar, monitorar e compartilhar o conteúdo. Um dos modos de realizar isto é com o uso de uma interface com essas funcionalidades que consulte os dados de vários repositórios de modo transparente ao usuário.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos, incluindo o presente.

No capítulo dois, é apresentada uma visão geral do referencial teórico, objetivando a compreensão das tecnologias, conceitos e padrões utilizados nos repositórios biomédicos e na interface desenvolvida. Nele, são definidos o Sinal Biomédico, Repositório, Ontologia, HTML, *Web Service*, Usabilidade, Acessibilidade, Objetos de Aprendizagem e Bonecos Anatômicos *Web*. Por fim, é feita a definição da hipótese do trabalho.

O capítulo três detalha a metodologia utilizada no estudo. Nele são descritas a delimitação do estudo e a coleta dos dados. São descritos quais foram os repositórios selecionados e quais foram os critérios utilizados. São então propostos os critérios de avaliação dos bonecos anatômicos *Web 3D* e como será feita a avaliação dos bonecos a partir destes critérios. Em seguida, é descrito o questionário de avaliação de usabilidade dos bonecos anatômicos 3D e de como o resultado deste questionário será avaliado. Após isto, é feita a definição mais detalhada dos requisitos da Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* para Acesso a Conteúdos de Repositórios Biomédicos Digitais. Finalmente, é feito um detalhamento da Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* e de como deve ser a avaliação da mesma para a validação da hipótese.

O capítulo quatro descreve os resultados obtidos. Primeiramente é apresentado o resultado da avaliação dos repositórios segundo o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - LORI de Leacock e Nesbit (2007). São apresentados também os resultados da avaliação dos bonecos anatômicos segundo os critérios propostos definidos

na metodologia e comparados com os resultados obtidos no questionário de usabilidade dos bonecos.

Logo após, é feita a descrição da interface desenvolvida, ressaltando-se as principais características, as funcionalidades levantadas nos requisitos e os desafios encontrados.

É apresentado então, o resultado da avaliação desta interface desenvolvida, em comparação com os demais repositórios, conforme o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem de Leacock e Nesbit (2007), e em comparação com os bonecos anatômicos, conforme os critérios previamente definidos. Por fim, são feitas as considerações finais a partir dos resultados obtidos.

O capítulo cinco discute os pontos de maior importância envolvendo o tema deste estudo e apresenta as contribuições finais do trabalho. Finalmente, o capítulo seis apresenta alguns trabalhos futuros a partir dos resultados obtidos nesta pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo visa à descrição dos conceitos, tecnologias e padrões utilizados nos repositórios biomédicos e na Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D, de modo a fundamentar a hipótese a ser definida.

Primeiramente, é feita a definição de sinal biomédico e detalhamento da importância deste na pesquisa científica biomédica e na medicina. A partir disto, define-se o repositório, qual a motivação da sua utilização, padrões e recomendações.

Em seguida, são apresentadas as ontologias, através de sua descrição e do que fomentam. No contexto biomédico, são citadas algumas ontologias consolidadas e ferramentas de consulta. Em seguida, é definida a *Web* Semântica e são descritas as linguagens de *Web* Semânticas mais consolidadas. Por fim, é definido o SPARQL e como este pode ser utilizado na consulta das ontologias e na *Web* Semântica.

Abordando-se as tecnologias *Web*, é primeiramente definido o HTML, sua proposta e recursos atualmente disponíveis. Logo após, são abordados os *Web Services*, onde é feita a definição de *Web Services*, vantagens em sua utilização e alguns exemplos.

Ao tratar-se das características desejáveis às aplicações biomédicas, são definidas a usabilidade, a acessibilidade e os objetos de aprendizagem. São também descritos os critérios de avaliação de um objeto de aprendizagem.

Observando-se os recursos modernos disponíveis às aplicações nas áreas de saúde e aplicações médicas, são abordados os Bonecos Anatômicos *Web*. Neste item, é feita uma breve revisão do uso de bonecos anatômicos na história e são descritos os bonecos anatômicos virtuais *Web* 3D e suas aplicações na área de saúde.

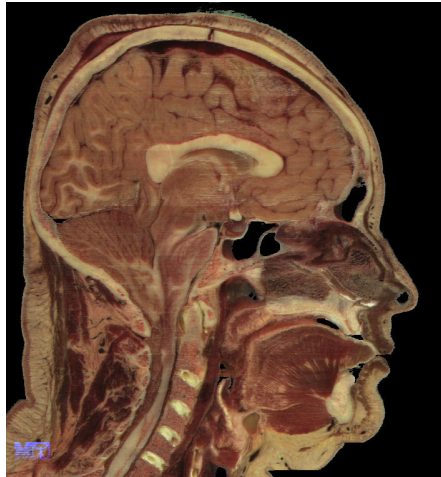
Finalmente, é feita uma conclusão de como tais conceitos, recursos, tecnologias e padrões são utilizados e relacionados na hipótese e na interface.

## 2.1 SINAL BIOMÉDICO

Sinal é uma função que carrega informações sobre o comportamento ou atributos de algum fenômeno (PRIEMER, 1991). Sinais podem, por exemplo, representar informação sobre o estado ou o comportamento de um sistema físico. Em outra classe de exemplos, sinais são sintetizados com o propósito de garantir a troca de informação entre humanos ou entre humanos e máquinas (OPPENHEIM E SCHAFER, 2010).

Embora sinais possam ser representados em várias formas, em todos os casos, a informação é contida em algum padrão de variação. Sinais são representados matematicamente como funções de uma ou mais variáveis dependentes. Por exemplo, o sinal de fala é representado matematicamente como uma função do tempo e uma imagem fotográfica é representada como uma função de brilho em relação a duas variáveis espaciais (OPPENHEIM E SCHAFER, 2010).

Sinais são, portanto, um conjunto de informações organizadas numa sequência de valores que, num sentido mais geral, podem ser obtidos por duas formas: (1) alguma medida ou comportamento observado ou propriedade física de um fenômeno que contém informação sobre o fenômeno ou (2) gerado por um sistema fabricado e tendo a informação codificada (SHIAMI, 2007). Os sinais biomédicos são observações de atividades fisiológicas de organismos, variando de sequências de genes e proteínas, ondas neurais e frequência cardíaca, até imagens de órgãos e tecidos (CHANG e MOURA, 2010). Logo, na figura 1, vemos um exemplo de um sinal biomédico de imagem.



**Figura 1:** Exemplo de Sinal Biomédico do *Visible Human Project* (VHP, 2000)

Como o sinal é a mensagem que transmite a informação resultante da experiência, sendo ele o elemento que contém as informações observáveis sobre ela, ele torna-se, então, parte essencial e concreta do resultado da experiência. Bacon (1620) descreve os princípios da metodologia científica baseada na experiência regulada e replicável. Huygens (1763) ressalta a característica probabilística e adaptável das hipóteses científicas. Tais princípios da metodologia científica são resumidos na hipótese científica fundamental por Peirce (1877), definida na existência dos elementos reais com características independentes das opiniões dos observadores, mas que agem por leis regulares que podem ser descobertas pelo raciocínio. Praia et al. (2002) ressaltam o papel das hipóteses na articulação das teorias, dando ênfase à importância da experiência enquanto validadora da teoria. Giordan (1999) consolida a relação entre observação, hipótese, experiência, resultados, interpretação e conclusão.

Em todo esse processo, a capacidade de replicação e análise dos resultados se mantém como fundamento para a hipótese científica e desenvolvimento de teorias. Shadish et al. (2002) detalham ainda a importância da relação causa-efeito e da interação do observador com os elementos manipuláveis na descoberta científica. Essa modificação gerada nos elementos manipuláveis a ser observada nos resultados nos demais elementos. É através

dos sinais que as informações podem então ser interpretadas, avaliadas, comparadas para a validação ou negação da hipótese.

No contexto biomédico, os sinais biológicos carregam informações que são úteis para a compreensão dos mecanismos fisiopatológicos complexos subjacentes ao comportamento dos sistemas vivos (MAINARDI et al, 2000). São, assim, vitais para permitir a investigação do estado biológico subjacente e as estruturas fisiológicas e suas dinâmicas. Por isto, a sua interpretação tem valor diagnóstico significativo para os médicos e pesquisadores (ONARAL, 2000). Um exemplo disto é a validação dos resultados da estimulação elétrica neuromuscular por meio da consulta de sinais de eletromiografia obtidos por uma matriz linear de eletrodos (PIRES et al., 2011)

Burgun e Bodenreider (2008) mostram que os novos fluxos entre pesquisa e tratamentos de saúde têm gerado uma demanda cada vez maior por uma informação acessível e integrada. A geração de grande quantidade de dados e a necessidade de distribuir e comparar esses dados faz emergir desafios, tanto para a gerência dos dados quanto para descrição dos mesmos, e ressalta a necessidade de padrões. Assim, buscando viabilizar melhor aproveitamento e visibilidade aos sinais e pesquisas obtidos, surgem os repositórios biomédicos.

## 2.2 REPOSITÓRIOS DIGITAIS

Repositórios digitais surgem como ambientes informacionais digitais para gerenciamento e controle da produção acadêmica e científica de instituições e/ou comunidades, oferecendo vantagens como acesso irrestrito, interoperabilidade dos dados e preservação da informação em longo prazo (CAMARGO E VIDOTTI, 2008). Uma das vantagens de integrar um grande número de microdados de estudos e compilá-los é a de tornar possível a comparação dos resultados de diferentes estudos e determinarem-se quais métodos são robustos e produzem resultados consistentes em um vasto número de estudos (BURGUN E BODENREIDER, 2008).

Assim, Repositórios Institucionais são vistos como uma nova estratégia para que as universidades promovam mudanças no processo de comunicação científica. Eles capturam, preservam e oferecem acesso às bibliotecas digitais das produções intelectuais de uma ou várias universidades. Eles permitem uma divulgação mais rápida dos resultados, o que proporciona o desenvolvimento de novos trabalhos e promove avanços científicos (SARMENTO et al., 2005).

Para facilitar uma interpretação não ambígua e a reprodução dos experimentos, a Sociedade de Dados Genômicos Funcionais - *The Functional Genomics Data Society* (FGED, 1999) definiu um Conjunto Mínimo de Informação Sobre o Microdado de um Experimento – *Minimum Information About a Microarray Experiment* (MIAME) (BURGUN E BODENREIDER, 2008). Esse propósito coaduna com as recomendações feitas por Hanna et al. (2005), em que se recomenda o uso de uma padronização mínima e consentânea dos elementos de dados através de redes, doenças e sintomas.

Varmus (1999) defende a ideia de um repositório de publicações acadêmicas para ciências médicas, pois acredita que este pode acelerar a disseminação da informação, melhorar a experiência de leitura, aprofundar as discussões entre os cientistas, reduzir as frustrações com os mecanismos tradicionais de publicação e economizar quantidades consideráveis de dinheiro público e privado. Assim, ele define alguns elementos essenciais para tal: acessibilidade; flexibilidade; “evolubilidade”<sup>4</sup>. Ressalta-se aqui que essa justificativa da existência do repositório está relacionada ao sucesso da leitura, compreensão, avaliação e análise, elementos estes que são mais relacionados ao contexto da aprendizagem, do que à mera disponibilidade.

Sarmiento et al. (2005) citam alguns repositórios biomédicos, dos quais destacam-se:

- *Bioline International* - É um editorial cooperativo acadêmico sem fins lucrativos comprometido em fornecer Acesso Livre à revistas científicas de qualidade

---

<sup>4</sup> “evolubilidade” numa tradução livre de “*evolubility*”.

publicados em países em desenvolvimento. O objetivo do *Bioline International* na redução da lacuna de conhecimento entre o Sul e o Norte é crucial para uma compreensão global da saúde (medicina tropical, doenças infecciosas, epidemiologia, o surgimento de novas doenças), biodiversidade, meio ambiente, conservação e desenvolvimento internacional. Ao fornecer uma plataforma para a distribuição de revistas e jornais revistos por pares (atualmente de Bangladesh, Brasil, Chile, China, Colômbia, Egito, Gana, Índia, Irã, Quênia, Malásia, Nigéria, Tanzânia, Turquia, Uganda e Venezuela), *Bioline International* ajuda a reduzir o fosso de conhecimento global, tornando a informação científica gerada nesses países disponível para a comunidade internacional de pesquisa em todo o mundo (BIOLINE, 1993).

- Livraria Pública da Ciência - *Public Library of Science* – PLOS – É uma editora sem fins lucrativos e organização de advocacia. Sua missão é acelerar o progresso da ciência e da medicina, levando uma transformação na comunicação de pesquisas. Cada artigo publicado é de Acesso Livre - disponível gratuitamente *on-line* para qualquer um usar. Ela acredita que, compartilhando pesquisa, incentiva-se o progresso que alcança desde proteger a biodiversidade do nosso planeta até encontrar tratamentos mais eficazes para doenças como o câncer (PLOS, 2000). Em 2012, o PLOS disponibilizou mais do que 26.000 artigos científicos, todos de Acesso Livre;
- *Papyrus* da Universidade de Montreal - É um repositório biomédico digital institucional da Universidade de Montreal, onde são disponibilizados resultados de pesquisas da faculdade, materiais dos funcionários, teses e dissertações de alunos (PAPYRUS, 2006). Este repositório foi construído a partir do DSpace, um repositório digital customizável código-aberto;
- *University Southampton / University Quebec Montreal* – Repositórios biomédicos digitais institucionais que fazem uso do *EPrints* (EPRINTS, 2000) para



disponibilizar os resultados de pesquisas da faculdade, materiais de funcionários, testes e dissertações de alunos com Acesso Livre.

- *BioMed Central* - Originalmente proposto por Varmus (1999), o *BioMed Central* é uma editora de Ciência, Tecnologia e Medicina de 256 periódicos com revisão por pares de Acesso Livre. O portfólio de revistas abrange todas as áreas da biologia, biomedicina e medicina, e inclui títulos de interesses amplos, como *BMC Biology and Medicine*, ao lado de revistas especializadas, tais como *Retrovirology* e *BMC Genomics*. Todos os artigos originais de pesquisa publicados pelo *BioMed Central* são livremente acessíveis *on-line* imediatamente após a publicação. O *BioMed Central* cobra uma taxa de processamento de artigo para cobrir o custo do processo de publicação. Autores que publicarem na *BioMed Central* mantêm os direitos autorais de seu trabalho, licenciando-os sob a licença *Creative Commons Attribution*, permitindo que os artigos sejam reutilizados e redistribuídos sem restrição, desde que a obra original seja corretamente citada. (BIOMED, 2000)
- *PubMed Central* – PMC (PMC, 2000) é um repositório gratuito de publicações de periódicos biomédicos e de ciências biológicas da Livraria Nacional de Medicina do Instituto de Saúde Nacional dos Estados Unidos da América – *U.S. National Institute of Health's National Library of Medicine* – (NIH/NLM), contendo 2,8 milhões de artigos e 3.852 periódicos, dos quais 1.309 depositam o conteúdo completo de cada edição ou volume. Existem neste repositório conteúdos sob a licença *Creative Commons* e conteúdos protegidos por outras licenças.

Santos e Furuie (2006) também citam alguns repositórios biomédicos em sua pesquisa, dos quais se destacam:

- Sociedade Radiológica da América do Norte – *Radiological Society of North America* - RSNA é uma sociedade internacional de radiologistas, físicos, médicos e outros profissionais da área com mais de 51 mil membros de 136 países em todo o mundo. RSNA acolhe fórum premier de radiologia do mundo, atraindo cerca de 55

mil participantes anualmente para *McCormick Place*, em Chicago, e publica duas principais revistas com revisão por pares: *Radiology*, o jornal de maior impacto científico na área, e *RadioGraphics*, a única revista dedicada à educação continuada em radiologia. (RSNA, 2000). A busca entre as imagens, sinais e artigos do repositório é pública. Os usuários cadastrados podem buscar publicações acadêmicas, salvá-las em pastas privadas, organiza-las por palavras-chave, subir arquivos e documentos e compartilha-los em grupo. Além disso, o RSNA tem cursos *on-line* relacionados à radiologia.

- *MyPacs* – Meu Sistema de Armazenagem e Comunicação de Imagens – *My Picture Archiving and Communication System – MyPacs* (MYPACS, 2002) É um repositório digital biomédico que permite que radiologistas disponibilizem documentos de acesso públicos ou privado para ensino. Sua missão é continuar a ajudar os médicos a partilhar conhecimento através do uso de tecnologia de gerenciamento de conteúdo permitindo que os radiologistas possam criar arquivos de ensino *on-line* a partir de qualquer computador conectado à Internet, independentemente da plataforma, sem necessidade de *software* além de um navegador da *Web* padrão (WEINBERGER, 2002).

Entre os citados por Burgun e Bodenreider (2008), destacam-se:

- Instituto de Saúde Nacional dos Estados Unidos da América – *National Institute of Health – NIH* (NIH, 2006) é uma parte do *Web Site* externo do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA. Os artigos e dados obtidos das pesquisas que englobam pesquisas com vírus, câncer e o genoma humano podem ser obtidos pelo repositório. A maior parte do conteúdo é disponível sob domínio público, mas existem exceções.
- Expressão Gênica Coletiva – *Gene Expression Omnibus – GEO* (EDGAR et al, 2002) que foi desenvolvido pelo Centro Nacional de Informação Biotecnologia dos Estados Unidos da América, o *National Center for Biotechnology Information –*

NCBI; O GEO é um repositório de dados genômicos funcionais que apoiam o formato MIAMI para submissão de dados. Dados em arranjos e em sequência são aceitos. São também fornecidas ferramentas para auxiliar os usuários a consultar e baixar os experimentos ou mapear perfis de expressões gênicas.

- Banco de Dados de Microdados de Stanford dos Estados Unidos da América – *Stanford Microarray Database* – SMD – É um repositório biomédico institucional que armazena os dados brutos e normalizados a partir de experimentos de microarranjos, e fornece interfaces *Web* para os pesquisadores recuperarem, analisarem e visualizarem os seus dados. Os dois objetivos imediatos para SMD são: servir como um local de armazenamento de dados de microarranjos de investigação em curso na Universidade de Stanford e facilitar a divulgação pública desses dados, uma vez publicados ou liberado pelo pesquisador. De grande importância é a ligação de dados de microarranjos com os dados biológicos que pertence ao ADN depositado no microarranjos (SMD, 2001);
- Banco de Dados de Microdados - *ArrayExpress*, desenvolvido pelo Instituto Europeu de Bioinformática, é um banco de dados de experimentos genômicos funcionais que podem ser consultados e transferidos. Ele inclui dados de expressão gênica de microdados e estudos de sequenciamento de alto rendimento. Os dados são coletados com padrões MIAMI e MINSEQE. Experimentos são submetidos diretamente ao *ArrayExpress* ou são importados do banco de dados NCBI GEO (ArrayExpress, 2003). Durante a presente pesquisa, tal repositório apresentava 919.313 amostras genéticas. Os dados nele armazenados são de Acesso Livre e o código-fonte deste repositório são disponíveis sob mais licença específica<sup>5</sup> baseada na licença de Acesso Livre.

---

<sup>5</sup> Licença do repositório ArrayExpress é disponível em <ftp://ftp.ebi.ac.uk/pub/databases/microarray/code/license.txt>. Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

Além destes repositórios, vale destacar o Diretório de Periódicos de Acesso Livre – *Directory of Open Access Journals* – DOAJ (DOAJ, 2003) que reúne 9903 periódicos de Acesso Livre de 120 países. Dentre os periódicos registrados, 922 são brasileiros. O objetivo do DOAJ é aumentar a visibilidade e a facilidade de uso à revistas científicas e acadêmicas de Acesso Livre, promovendo, assim, a sua maior utilização e impacto. O DOAJ tem como objetivo ser abrangente e cobrir todos os periódicos científicos e acadêmicos de Acesso Livre que usam um sistema de controle de qualidade para garantir o conteúdo. Em suma, o DOAJ pretende ser o local que centraliza o acesso para usuários de periódicos de Acesso Livre.

Alguns repositórios foram citados pelas fontes pesquisadas mas que foram encontrados encerrados ou transformados em somente leitura quando avaliados durante esta pesquisa. Entre estes destacam-se:

- O acesso *Web* ao Sistema de Informação e Arquitetura Tecnológica dos Veteranos de Estados Unidos de América - *Veterans Health Information Systems and Technology Architecture* – VistA,
- A Rede Informática Biomédica do Câncer – *Cancer Biomedical Informatics Grid* – caBIG,
- A Avaliação Crítica dos Sistemas de Extração de Informação em Biologia - *Critical Assessment of Information Extraction systems in Biology* – BioCreATivE,
- A Rede de Pesquisa em Informática Biomédica - *Biomedical Informatics Research Network* – Birn.

Para que as informações armazenadas nos repositórios biomédicos sejam adequadamente localizadas e compreendidas pelas pessoas e aplicações, é preciso de um dicionário de dados compartilhado capaz de organizar vocabulários em relações lógicas

que possam ser validas. Assim, surgem as Ontologias Formais que são melhor descritas no próximo tópico.

### 2.3 ONTOLOGIA

Uma ontologia é uma especificação conceitual que descreve o conhecimento sobre um domínio de uma forma independente dos estados epistêmicos e do estado das coisas. Além disso, ela pretende restringir as interpretações possíveis dos vocabulários de uma linguagem, de modo que os seus modelos lógicos se aproximem, da melhor forma possível, ao conjunto de estruturas globais de uma conceituação desse domínio (GUIZZARDI, 2005).

Edmund Husserl, no começo do século XX cunhou o termo Ontologia Formal em analogia à Lógica Formal. Assim, segundo Guizzardi (2005), enquanto a Lógica Formal lida com estruturas lógicas formais – e.g. regras de validação, consistência e veracidade [lógica] – independente de sua veracidade [prática]<sup>6</sup>, Ontologias Formais lidam com estruturas ontológicas formais – e.g. teorias das partes ou Mereotologia<sup>7</sup>, detalhada formalmente por Smith (1996), teoria dos conjuntos, tipagem e instância, identidade, dependência e unidade – i.e. com os aspectos formais dos objetos independentemente do seu caráter específico.

Segundo Gruber (1993), uma ontologia é a explícita especificação de uma conceituação. Borst (1997) define ontologia como a especificação formal de uma conceituação compartilhada. Studer et al. (1998) combinam essas duas definições, afirmando que ontologia é a especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada.

Conceituação é uma visão abstrata e simplificada do mundo que desejamos representar para algum propósito. Cada base de conhecimento, sistema baseado em conhecimento ou

---

<sup>6</sup> Os termos veracidade lógica e veracidade prática foram adaptados, numa tradução livre, para melhor compreensão. São, no original, respectivamente: *truth*, *veracity*.

<sup>7</sup> O termo Mereotologia foi uma tradução livre o termo *Mereotology* (SMITH, 1996).

agente de nível de conhecimento compromete-se com alguma conceituação, implícita ou explícita (GRUBER, 1993; GENESERETH E NILSSON, 1987). Esse conceito pode ser explicado se utilizado de uma representação matemática muito simples: Estrutura Relacional Ampliável - *Extensional Relational Structure* (GUARINO et al., 2009). A definição de Estrutura Relacional Ampliável, conceituação segundo o modelo de Genesereth e Nilsson (1987), é a tupla (D, R) na qual:

- D é o universo do discurso;
- R são as relações em D;

Por exemplo: em um hospital existe um conjunto de pessoas identificadas pelo nome que, para fins didáticos, é único neste universo. O universo D contém, então, todas as pessoas do hospital, e as relações que se tem interesse em mapear envolve apenas essas pessoas. R contém todas as relações que se deseja mapear entre tais pessoas; sejam as unárias, como Médico, Enfermeiro, Paciente; e as relações binárias, como “atende”, “trabalha com”. Deste modo, a Estrutura Relacional Ampliável deve ser similar a:

D = {"João", "Pedro", "Maria", "Anna", "Bianca"}

R = {"é atendido por", "trabalha com"}

Pessoas = D

Médico = {"João", "Mário"}

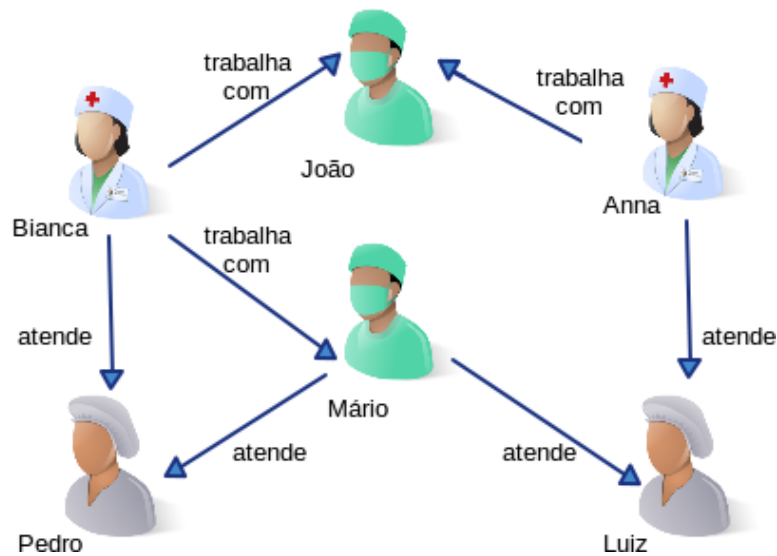
Enfermeiro = {"Bianca", "Anna"}

Paciente = {"Pedro", "Luiz"}

Trabalha com = {"Bianca", "João"}, {"Anna", "João"}, {"Bianca", "Mário"}

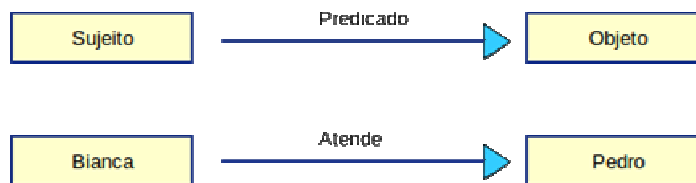
Atende = {"Bianca", "Pedro"}, {"Mário", "Pedro"}, {"Anna", "Luiz"}

Essa estrutura pode ser representada graficamente conforme figura 2.



**Figura 2:** Um pequeno universo especificado usando ontologia.<sup>8</sup>

Assim, cada sentença tem um sujeito, um predicado e um objeto. Na figura 3, é modelada e exemplificada essa relação sujeito-predicado-objeto.



**Figura 3:** Relação Sujeito-Predicado-Objeto

Assim, percebe-se como a direção da sentença é essencial para a sua compreensão. Conforme o exemplo na figura 3, a sentença “Bianca atende Pedro” que é verdadeira é significativamente diferente da relação “Pedro atende Bianca”, que é falsa.

Os elementos fundamentais da Estrutura Relacional Ampliável são então os vocabulários D e R e as sentenças - também chamadas de interconexões semânticas. A

---

<sup>8</sup> Fonte: Figura criada pelos próprios autores com imagens cedidas pela Devcom (2008)

partir desses elementos, podem-se realizar regras de validação, consistência e veracidade da Ontologia Formal.

Metodologias baseadas em ontologias fomentam prover a integração dos dados e a recuperação da informação por recursos múltiplos para ampliar o poder das abordagens computacionais na realização de exploração, inferência e mineração de dados (NATALE et al., 2006). Segundo Blake (2004), a Biontologia formalmente representa as relações entre os conceitos biológicos, para que os vocabulários possam então ser utilizados tanto por humanos quanto por computadores no intercâmbio e exploração da informação. Ele afirma ainda que as ontologias estão contribuindo com o sucesso da Rede de Amplitude Mundial - *World Wide Web* em classificar e consultar a *Web*. Nota-se que essa padronização de termos é coerente com a recomendação de Hanna et al. (2005) para as definições padrões de doenças, sintomas e reações adversas.

Burgun e Bodenreider (2008) ressaltam as seguintes ontologias: Modelo de Expressão de Microdados de Genes – *MicroArray Gene Expression Object Model* (MAGE-OM) e sua linguagem de marcação resultante – Linguagem de Marcação de Expressão de Genes e Microdados – *MicroArray and Gene Expression Markup Language* (MAGE-ML), que disponibilizam mecanismos para padronização da representação da informação para troca de dados; Ontologia das Informações dos Microdados para a Expressão de Genes - *Microarray Gene Expression Data Ontology* (MO), que busca prover termos comuns para anotações de experimentos alinhados com as orientações MIAME, isto é, prover a semântica para descrever os microdados dos experimentos de acordo com os conceitos especificados no MIAME. Além disso, tais pesquisas descrevem o BioPortal (BioPortal, 2011), uma ferramenta que permite aos usuários navegar, buscar e ver ontologias e metadados na biblioteca, além de poder submeter ontologias à biblioteca.

Buscando prover a organização por ontologias para o contexto da *Web*, foi definida a *Web Semântica*. A *Web Semântica* é uma rede de dados altamente interconectados que pode ser facilmente acessada e compreendida por qualquer computador de mesa ou computador de mão. Alguns resultados positivos na utilização desta já podem ser notados,



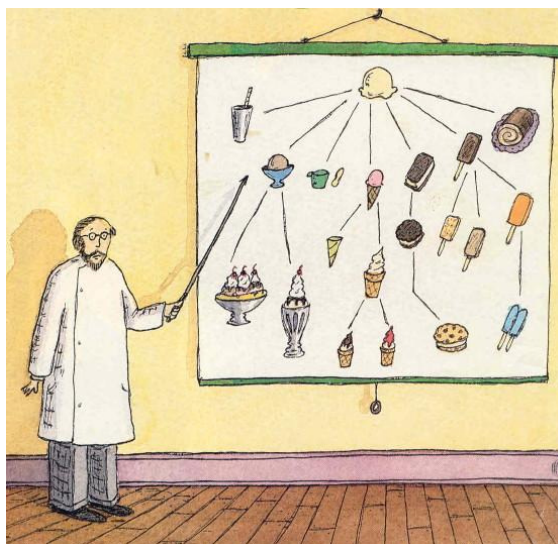
como aumento da eficiência nas operações de empresas, maior facilidade nas relações entre negócios – *business-to-business* e na pesquisa científica (FEIGENBAUM et al, 2007).

Hendler (2001) define o termo ontologia, no contexto da *Web Semântica*, como um conjunto de termos de conhecimento, incluindo o vocabulário, as interconexões semânticas e algumas regras simples de inferência e lógica para algum tema específico. Ele ressalta ainda que os Serviços *Web – Web Services* são um dos usos mais poderosos das ontologias. Destaca-se aqui a proximidade desta definição da *Web Semântica*, como uma Estrutura Relacional Ampliável que faz uso do contexto *Web* para a organização e distribuição de suas ontologias.

A *Web Semântica* surge, então, na intenção de prover metadados processáveis por máquinas para os recursos de informação continuamente crescentes na *Web* (LORENZO et al., 2009). Segundo a W3C (2001), a *Web Semântica* trata de duas coisas:

1. Os formatos comuns para a integração e combinação de dados obtidos de diversas fontes, nos quais a *Web* em seu formato original mantenha-se focada no intercâmbio de documentos;
2. Permitir que pessoas ou máquinas pudessem, a partir de um banco de dados, mover-se através de um conjunto infundável de bancos de dados que são conectados não por conexões, mas por serem sobre as mesmas coisas.

Desta forma, vários bancos de dados que se utilizem das mesmas ontologias podem ser consultados como se fossem um só banco. As consultas e organizações dos elementos são feitas em grafos a partir das regras de ontologia formal. A figura 4 é um exemplo de grafo que organiza elementos a partir do elemento de origem.



**Figura 4:** Exemplo de grafo de Rede Semântica (SANFILLIPPO, 2013)

Diferentes organizações dos elementos podem ser dispostas além da aplicada na figura 4 no mesmo banco dados. Por exemplo, agrupamentos por similaridade de cor, maior número de similaridades ou proximidade de tamanho criariam diferentes grafos. Além disso, fica transparente para o usuário em qual banco de dados estão os elementos. Desde que estes sejam acessíveis pela ferramenta cliente, o usuário pode realizar a consulta como se fosse um banco de dados. Esses grafos são respostas a diferentes consultas que provêm diferentes organizações da informação, conforme o ponto de vista desejado.

Segundo Kollia et al. (2011) “*Query answering is important in the context of the Semantic Web, since it provides a mechanism via which users and applications can interact with ontologies and data*”<sup>9</sup>. Segundo Burgun e Bodenreider (2008), as linguagens de Web Semântica incluem a Estrutura de Descrição de Recursos – *Resource Description Framework* (RDF) em uma variedade de formatos e notações, tais como o Esquema RDF – *RDF Schema* (RDFS) e a Linguagem de Ontologia para Web – *Web Ontology Language*

---

9 Resposta à consulta é importante no contexto da Web Semântica, uma vez que fornece um mecanismo através do qual os usuários e aplicações podem interagir com ontologias e dados. (Tradução livre)

(OWL), todas criadas na intenção de prover descrições formais de conceitos, termos e relacionamentos num domínio de conhecimento.

Entre as aplicações de ontologias, Bodenreider (2001) ressalta a capacidade recuperação de informação, resumo e relação automática de múltiplos documentos, resposta à pergunta e descobrimento de conhecimento.

Segundo Segaran et al. (2009), SPARQL é um acrônimo recursivo de *SPARQL Protocol and RDF Query Language*. É uma linguagem de consulta *Resource Description Framework* (RDF). De modo similar à forma em que a Linguagem de Consulta Estruturada – *Structured Query Language* (SQL) fornece (relativamente) um padrão nas linguagens de consulta através de bancos de dados relacionais, SPARQL fornece uma linguagem de consulta padronizada para consulta nos gráficos RDF.

Tais autores ressaltam ainda que SPARQL prove quatro formas de consulta: *SELECT*, *CONSTRUCT*, *ASK* e *DESCRIBE*. Todas elas buscam encontrar soluções para um padrão de grafo, e todas compartilham um padrão de construção similar.

Enquanto as ontologias RDF visam um modo padrão e flexível de organizar as informações na *Web*, o HTML visa um modo padrão e flexível de organizar as apresentações de conteúdo na *Web*. Este assunto é melhor abordado no tópico a seguir.

## 2.4 HTML

A Linguagem de Marcação de Hipertexto – *Hypertext Markup Language* (HTML) – é uma linguagem de marcação simples utilizada para a criação de documentos hipertexto que são independentes de plataforma (IETF, 1995). Documentos HTML são implementações do Padrão Geral de Linguagens de Marcação – *Standard Generalized Markup Language* – SGML, com uma semântica genérica que é apropriada para representar informações de uma vasta gama de domínios. A marcação HTML pode representar: hipertextos de jornais, correspondências, documentação e hipermídias; menus de opções; resultados de uma

consulta ao banco de dados; documentos de estruturas simples com gráficos alinhados; e leitura em hipertextos de conteúdos de informação já existentes.

A proposta inicial de um sistema de hipertexto foi feita por Tim Berners-Lee (1989). Nesse documento, ele define os requisitos de: acesso remoto via redes; heterogeneidade; não-centralização; capaz de acessar dados existentes, com links públicos e privados; “*Bells and Whistles*”, fazendo referência à possibilidade da adição de recursos mais interativos e gráficos, que possibilite a análise de dados; “*Live links*”, fazendo referência ao acesso sempre atualizado da última versão dos *links*.

Segundo Barbosa e Mata (2007), O hipertexto é um termo usado como referência ao conjunto de linguagens de marcação que permitem estruturar informações em formato texto, catalogar mídias audiovisuais e indexar outros documentos. Essas linguagens são formalmente descritas por documentos de definição em formatos Definição de Tipo de Documento – *Document Type Definition* (DTD) e Esquema - *Scheme*, variando entre eles em função da restrição da combinação dos elementos.

A partir de 1996, a especificação do HTML passou a ser mantida pelo Consórcio da Rede de Amplitude Mundial - *World Wide Web Consortium* (W3C), e não mais pelo Grupo de Trabalho da Engenharia da Internet - *Internet Engineering Task Force* (IETF) (RAGGETT, 1998). O HTML em sua versão 4, também chamado de HTML4<sup>10</sup> teve sua primeira versão em 1998 e a mais recente em dezembro de 1999. A versão mais recente é conhecida como a quinta principal revisão do núcleo do Padrão Geral de Linguagens de Marcação - *5th major revision of the core of HyperText Markup Language* - HTML5<sup>11</sup> teve sua especificação iniciada em 2008 e ainda está em processo de edição. Assim, HTML5 oferece uma série de novos recursos que, quando adequadamente utilizados, podem melhorar na usabilidade e acessibilidade em relação às páginas no formato anterior.

---

10 HTML4 – Descrito em mais detalhes em <http://www.w3.org/TR/html4/> acessado em 16 de setembro de 2012

11 HTML5 – Descrito em mais detalhes em <http://www.w3.org/TR/html5/> acessado em 16 de setembro de 2012

Apesar de Ragget (1998) afirmar que todos os documentos da *Web* são HTML, atualmente nem todas as páginas acessadas na Internet são HTML. Existem páginas utilizando outras tecnologias, como o *Adobe Flash*, de modo integrado ou não com o HTML. O *Adobe Flash* é utilizado principalmente para viabilizar recursos de maior interatividade nas páginas *Web* do que o *Javascript*, que é a linguagem nativamente já disponível no HTML. Infelizmente, o uso do *Adobe Flash* é frequentemente acompanhado de problemas de usabilidade e acessibilidade. Segundo Nielsen (2000a), cerca de 99% das vezes, o uso do *Adobe Flash* traz prejuízos à usabilidade. Seu uso tende a degradar sites por três razões: incentivar o abuso de design, romper com os princípios fundamentais da interação *Web* e distrair a atenção do usuário da informação central. Essas falhas com princípios fundamentais da interação *Web* englobam necessidades de acessibilidade como: o botão voltar; respeito ao padrão de cores dos *links* visitados e não visitados; funcionalidades de aumentar e diminuir fontes; capacidade de busca no conteúdo da página e internacionalização.

Loranger et al. (2002) avaliaram a capacidade dos usuários em realizar as tarefas propostas em 46 sistemas que utilizavam o *Adobe Flash*. Apenas em 45% das vezes as tarefas foram realizadas com sucesso. O fato do *Adobe Flash* não ser nativo ao navegador, demandando a capacidade do usuário para instalar, atualizar e configurar, se mostrou como um empecilho em 36% dos casos. A partir da avaliação destes testes, tais autores criaram um guia com recomendações para prover maior usabilidade aos sites com *Adobe Flash*. Segundo estas pesquisas, desde que a equipe de designer e programação siga essas recomendações, se torna possível a geração de páginas com usabilidade e com os recursos de alta interatividade e multimídia do *Adobe Flash*.

Enquanto as versões mais modernas do HTML com *Javascript* têm viabilizado a criação de páginas com maior interatividade e recursos gráficos, o *Adobe Flash* tem perdido popularidade. A tabela 1 mostra o uso das linguagens clientes (W3TECHS, 2012).

**Tabela 1:** Uso de Linguagem Cliente no HTML

Linguagem \ Data	01/10/11	01/12/11	01/02/12	01/04/12	01/06/12	01/08/12	01/10/12
Adobe Flash	26,8%	25,9%	25,4%	25,8%	23,8%	23,2%	22,5%
Apenas HTML	9,1%	8,6%	8,3%	7,9%	8,0%	7,8%	7,5%
Javascript	90,5%	91,%	91,4%	91,8%	91,7%	92,0%	92,2%
Silverlight	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%

Conforme a tabela 1, enquanto páginas com *Javascript* são 92,2% das encontradas em tendência de aumento +1,7% no último ano, páginas com *Adobe Flash* são 22,5% das encontradas em tendência de queda -4,3% no mesmo período. As demais linguagens clientes, tais como *Silverlight* e *Java Applet*, apresentam problemas e vantagens similares ao *Adobe Flash* mas não conseguiram a mesma popularidade.

Assim, observa-se uma tendência na utilização do HTML e do *Javascript* no desenvolvimento da camada de apresentação das aplicações *Web*. Esse formato padrão e recomendado pela W3C apresenta a vantagem de ser nativo aos navegadores, trazendo, assim, maior portabilidade, segurança e simplicidade ao usuário.

A medida que as aplicações *Web* se tornam cada vez mais integradas e interdependentes, surgem novas tecnologias que visam a padronizar essa comunicação independentemente de linguagem de programação, plataforma ou sistema operacional. Esses Serviços *Web* ou *Web Services* são melhor descritos no próximo tópico.

## 2.5 WEB SERVICE

Segundo a W3C (2002), Serviços *Web* - *Web Services* oferecem um modo padrão de interoperabilidade entre diferentes aplicações de *software*, executando numa variedade de plataformas e/ou *frameworks*. *Web Services* são caracterizados por sua grande interoperabilidade e extensibilidade, graças ao uso de Linguagem de Marcação Extensível -

*Extensible Markup Language* - XML. Eles podem ser combinados com baixo acoplamento, de forma a realizar operações complexas. Programas provendo serviços simples podem interagir uns com os outros de forma a disponibilizar sofisticados serviços de valor agregado.

Para Hunter et al. (2005), um *Web Service* (WS) é um componente de *software* que pode ser acessado e usado remotamente. Tais autores descrevem uma lista de *Web Services*: BioMoby (2001) e o MyGrid (2003) também citado por Stevens et al. (2003) e Roure et al. (2008).

Segundo Alonso (2003), *Web Service* tem adicionado um novo nível de funcionalidade a *Web* atual, tornando-se o primeiro passo para uma integração transparente de componentes de *softwares* distribuídos utilizando os padrões *Web*.

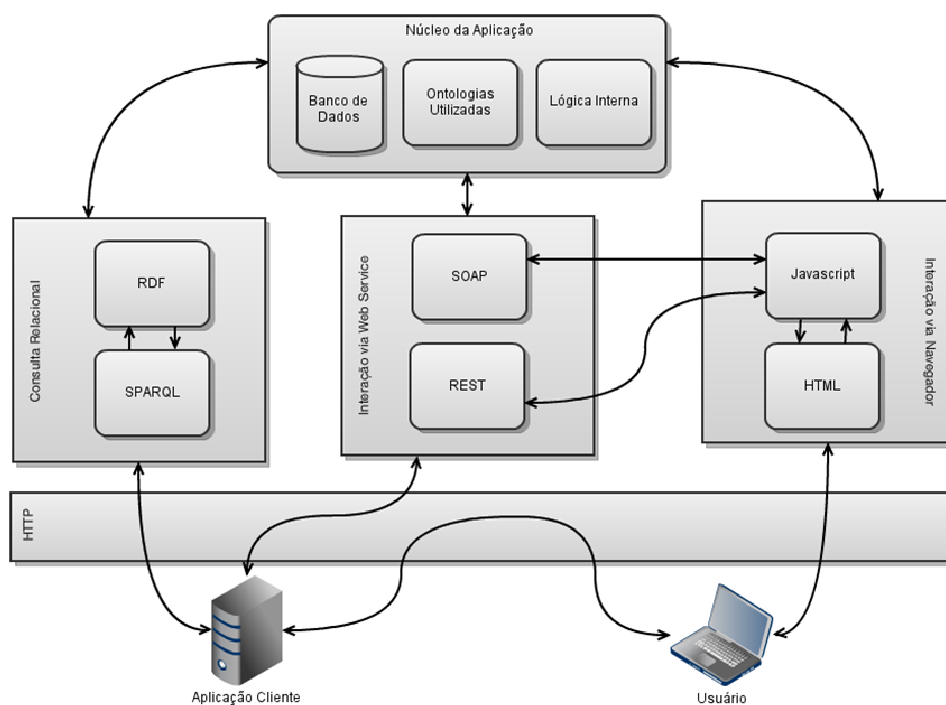
Entre os protocolos de *Web Services*, existem os baseados em padrões XML. Sommerville (2011) os descreve como

[...] protocolos baseados em padrões XML, tais como o Protocolo Simples de Acesso a Objetos - *Simple Object Access Protocol* - SOAP e a Linguagem de Definição de Serviços Web - *Web Service Definition Language* - WSDL, foram concebidos para suportar a comunicação de serviços e troca de informações. Consequentemente, serviços são plataformas independentes de implementação e linguagem. Sistemas de *software* podem ser construídos por composição de serviços locais e externos, de diferentes provedores, com a interação perfeita entre os serviços do sistema. (Tradução livre)

Atualmente, os padrões de *Web Services* têm sido criticados como sendo padrões “muito pesados”, exagerados e ineficientes. A implementação destes padrões exige uma considerável quantidade de processamento na criação, transmissão e interpretação das mensagens XML (SOMMERVILLE, 2011). Por esta razão, algumas organizações como a Amazon, utilizam um protocolo de serviço mais simplificado e eficiente chamado Transferência de Estado Representacional - *Representational State Transfer* - REST (RICHARDSON E RUBY, 2007).

Fielding (2000) define o REST como uma abstração dos elementos arquitetônicos dentro de um sistema hipermídia distribuído. REST ignora os detalhes da implementação dos componentes e da sintaxe para concentrar-se nos papéis dos componentes e na respectiva interpretação dos elementos de dados significativos. Ele abrange as restrições fundamentais sobre os componentes, conectores e os dados que definem a base da arquitetura *Web*. Deste modo, define a essência do seu comportamento como uma aplicação baseada em rede. Sommerville (2011) ressalta que o sistemas que seguem REST, também chamados de *RESTful*, suportam interação de serviço do modo eficiente, mas não suportam recursos como Confiabilidade e Transações em *Web Services*.

Todos esses formatos de comunicação, entre sistemas e sistema-usuário, buscam facilitar a integração e a interoperabilidade de modo transparente. Neste aspecto, a *Web* é a plataforma de comunicação. A figura 5 mostra essas várias interfaces.



**Figura 5:** Aplicação com RDF, SPARQL e WS



A figura 5 ressalta como o Protocolo de Transferência de Hipertexto - *Hypertext Transfer Protocol* – HTTP é utilizado na comunicação via SOAP, REST, HTML e SPARQL. Os *Web Services* viabilizam a integração entre sistemas, independentemente da linguagem utilizada. Para essa integração, alguns sistemas utilizam SOAP ou REST conforme o contexto, necessidades de desempenho e requisitos transacionais. Dessa forma, as mesmas informações e operações que são realizadas pelo usuário por meio do HTML e do Javascript podem ser realizadas via outras aplicações. As consultas relacionais viabilizam a interação com uma aplicação via as ontologias utilizadas.

Enquanto as ontologias e os padrões de *Web Services* são estratégias suficientes para facilitar a consulta e integração entre os sistemas, a interface com o usuário depende de mais do que apenas seguir os padrões do HTML. Para que a interface com o usuário seja eficaz, são necessários cuidados com a usabilidade e acessibilidade do sistema. Sistemas que envolvem conteúdos de aprendizagem precisam ainda se preocupar em ativamente promover os meios para que essas possam ensinar e aprender. Tais assuntos são abordados a seguir.

## 2.6 USABILIDADE

Usabilidade é a dimensão na qual um produto pode ser utilizado por um grupo específico de usuários para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso (ISO 9241-11, 1998; ISO/IEC 25010, 2011). Essa definição será a utilizada na presente pesquisa. As demais definições a seguir visam detalhar, complementar e auxiliar na compreensão deste tópico.

Segundo Nielsen (2003), usabilidade é um atributo qualitativo que avalia a facilidade de uso das interfaces com o usuário. A palavra "usabilidade" também se refere aos métodos para melhorar a facilidade de uso durante o processo de design. A usabilidade, segundo o autor, é definida em cinco componentes de qualidade: rápida aprendizagem, eficiência, fácil memorização, erros e satisfação.

1. Rápida Aprendizagem: Quão fácil é para o usuário realizar tarefas básicas na primeira vez que ele encontra o projeto?
2. Eficiência: Uma vez que o usuário aprendeu a utilizar o projeto, quão rápido ele consegue realizar suas atividades?
3. Fácil Memorização: Quando o usuário retorna ao projeto, após um tempo sem utilizá-lo, quão rápido ele retoma sua proficiência?
4. Erros: Quantos erros são feitos pelos usuários, quão grave são esses erros e quão simples é para o usuário se recuperar destes erros?
5. Satisfação: Quão prazeroso é utilizar o projeto?

Sommerville (2011) afirma que a usabilidade reflete quão fácil é o uso de um sistema. Ela depende dos componentes técnicos do sistema, dos operadores e do ambiente operacional. Ele também define um conjunto de componentes para a avaliação da usabilidade: rápida aprendizagem, velocidade de operação, robustez, recuperabilidade e adaptabilidade.

1. Rápida Aprendizagem: Quanto tempo leva para que um novo usuário se torne produtivo com o sistema?
2. Velocidade de Operação: Quanto a resposta do sistema corresponde com a prática de trabalho do usuário?
3. Robustez: Quão tolerante é o sistema a erros do usuário?
4. Recuperabilidade: Quão bom é o sistema em se recuperar de erros do usuário?
5. Adaptabilidade: Quão preso o sistema é a um único modelo de trabalho?

Cybis et al. (2007) afirmam que a usabilidade é a qualidade que caracteriza o uso de programas e aplicações. Assim, ela não é uma qualidade intrínseca de um sistema, mas

depende de um acordo entre as características de uma interface e as características de seus usuários ao buscarem determinados objetivos em determinadas situações de uso. Uma mesma interface pode proporcionar interações satisfatórias para usuários experientes e deixar muito a desejar quando utilizada por novatos.

Considerando-se que, dentre todos os que participam de uma equipe de projeto de interface, o usuário é a pessoa mais conhece o sistema interativo no contexto do seu trabalho, é natural que ele deva estar envolvido na avaliação e coautoria de soluções de interface, a fim de garantir qualidade aos projetos (CYBIS, 2007). Segundo esta pesquisa, o envolvimento do usuário varia entre informativo, em que o usuário é visto como fonte de informação para serem coletadas, consultivo, em que o usuário verifica as soluções propostas, e participativo, em que o usuário tem poder sobre decisões de projeto.

Tendo em vista que a usabilidade é avaliada a partir da facilidade e velocidade do público-alvo em utilizar uma ferramenta, sua avaliação costuma ser feita com a aplicação de questionários. Segundo Barnum et al. (2003), existe uma discussão sobre se a quantidade de cinco avaliadores é adequada. Nesta mesma pesquisa, Gilbert Cockton afirma que avaliação de usabilidade é tratar de gestão de risco. O risco reduz-se quanto mais usuários testarem o sistema. O ponto de equilíbrio na relação custo-benefício é característico de cada produto. Jakob Nielsen recomenda de três a quatro avaliadores como um bom ponto na relação custo-benefício das aplicações em geral. Nesta mesma pesquisa, Carol Barnum afirma que, em seus próprios estudos, cinco avaliadores são o suficientes quando:

1. O modelo original de testes é seguido;
2. Os resultados dos testes são entendidos e claramente comunicados;
3. Há uma cooperação próxima entre o cliente e a equipe de teste;
4. Os resultados são utilizados para fins de diagnóstico e de aprendizagem da equipe;

5. O resultado esperado é conhecimento, não validação;

Nielsen (2000b) ressalta uma relação entre a quantidade de avaliadores e o percentual dos problemas encontrados. Segundo ele, com cinco usuários num primeiro estudo, são encontrados 85% dos problemas de usabilidade. Observa-se, assim, que a presença ou falta de usabilidade afeta a capacidade do usuário em utilizar as aplicações de modo eficiente e eficaz. Assim, a avaliação da usabilidade deve ser feita por avaliadores que preferencialmente tenham o perfil de utilizadores da ferramenta, em grupos de teste não menores do que cinco avaliadores.

Mas, muitas vezes, o grupo de testes não vai apresentar as necessidades especiais que são observadas em uma pequena parcela da população. Para que uma ferramenta ofereça o acesso à informação a todos, deve-se garantir a acessibilidade, isto é, meios para garantir uma experiência de usuário que seja equivalente e sem obstáculos aos usuários com desabilidade. Este assunto será tratado no próximo tópico.

## 2.7 ACESSIBILIDADE

Acessibilidade é a dimensão para um produto, sistema ou ambiente na medida em que este pode ser usado por pessoas com a mais ampla variedade de características e capacidades (ISO/IEC 26514, 2008) para atingir um objetivo específico num determinado contexto de uso (ISO/IEC 25010, 2011). Apesar do termo normalmente abordar os usuários que possuem deficiência, o conceito não se limita a questões de deficiência. A variedade de capacidades inclui, por exemplo, dificuldades associadas com o avanço da idade (ISO 9241-171, 2008). Essa será a definição de acessibilidade utilizada neste trabalho. As demais definições descritas a seguir vem complementar a compreensão desta.

Acessibilidade para pessoas com deficiência pode ser especificada ou medida seja como o grau em que um produto ou sistema pode ser usado por usuários com deficiências específicas para atingir metas especificadas com eficácia, a eficiência, a liberdade de risco e satisfação em um contexto específico de uso, ou pela presença das propriedades do produto que suporta a acessibilidade (ISO, 2008).

Acessibilidade não é uma opção, é um direito humano reconhecido pela ONU na Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência - *United Nations Convention on the Rights of Persons with Disabilities* – (CDPD, 2007), homologado pela Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República conforme citado:

“A fim de possibilitar às pessoas com deficiência viver de forma independente e participar plenamente de todos os aspectos da vida, os Estados Partes tomarão as medidas apropriadas para assegurar às pessoas com deficiência o acesso, em igualdade de oportunidades com as demais pessoas, ao meio físico, ao transporte, à informação e comunicação, inclusive aos sistemas e tecnologias da informação e comunicação, bem como a outros serviços e instalações abertos ao público ou de uso público, tanto na zona urbana como na rural.” (CDPD, 2007)

Segundo a Iniciativa para Acessibilidade da *Web* da W3C - *Web Accessibility Initiative* – WAI - (WAI, 2005), a acessibilidade *Web* consiste em garantir que os usuários com deficiências possam utilizar a *Web*. Isso significa que pessoas com deficiências possam perceber, compreender, navegar e interagir com a *Web*, contribuindo, assim, com a mesma. Segundo o Guia de Acessibilidade de Conteúdos *Web* - *Web Content Accessibility Guidelines* – WCAG 2.0 – (WCAG, 2008) da W3C, os princípios da acessibilidade são tornar um conteúdo perceptível, operável, compreensível e robusto.

Segundo Barbosa e Mata (2007), a percepção comumente associada à acessibilidade se restringe à disponibilidade. Contudo, a acessibilidade não se restringe a disponibilidade. Estes autores apontam, no contexto de hipertextos, quatro indicadores de acessibilidade: disponibilidade; compreensividade; navegabilidade e interatividade, que são detalhados a seguir:

- A disponibilidade compreende o meio no qual a informação é distribuída e capturada. Deve-se observar a estrutura do objeto, o formato da mídia, as ferramentas disponíveis e as habilidades presentes no observador para avaliar tal aspecto.

- A compreensividade consiste na capacidade do observador em converter os estímulos recebidos em informação significativa. Este requisito pode ser desenvolvido de maneira natural ou guiado por um método de aprendizagem.
- A navegabilidade é a possibilidade de exploração do objeto. A estrutura sobre a qual o conteúdo é organizado determina a dificuldade na localização de informações. Objetos navegáveis são construídos sobre estruturas lógicas, sendo que a semântica propicia a identificação dos pontos de enlace.
- A interatividade representa o nível mais avançado de acessibilidade. Um objeto interativo permite que o observador alcance por completo suas potencialidades. Esse processo é escalável, na medida em que os métodos interativos são permitidos e as variações de resposta diferem-se.

Estes autores ressaltam ainda que os indicadores de acessibilidade variam em função das habilidades do observador, do ambiente no qual a informação trafega e da estrutura semântica do objeto.

Essa noção adaptativa se reforça com os guias da W3C. O Guia de Acessibilidade para Usuários Idosos - *Web Accessibility for Older Users* – WAI-AGE (WAI-AGE, 2008), por exemplo, busca a adequação, não apenas para usuário com deficiências, mas também para usuários idosos. Neste mesmo contexto, Sales (2007) busca facilitar a aprendizagem de idosos com um modelo multiplicador utilizando aprendizagem por pares. Esses modelos e guias para grupos específicos de usuário não invalidam os mais abrangentes como o guia WCAG 2.0 (WCAG, 2008) mas os complementam.

Além dos aspectos gerais de cuidado com a acessibilidade e usabilidade, algumas ferramentas precisam avaliar se estão organizadas ou dispendo de meios que venham a facilitar o aprendizado e o ensino. Essas tecnologias que suportam o aprendizado, são chamadas de Objetos de Aprendizagem e são melhor descritas no tópico a seguir.

## 2.8 OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Objetos de aprendizagem são elementos de um novo tipo de instrução, baseada em computador, originada a partir do paradigma da orientação a objetos da ciência da computação (Wiley, 2000). Objetos de aprendizagem podem, ainda, ser geralmente compreendidos como entidades digitais disponibilizadas pela Internet, o que significa que qualquer número de pessoas pode acessá-los e usa-los simultaneamente.

Segundo o Grupo de Trabalho de Metadados de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Metadata Working Group* – LOM Working Group – do Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos - *Institute of Electrical and Electronics Engineers* – IEEE (IEEE, 2002), objetos de aprendizagem são definidos como qualquer entidade, digital ou não-digital, que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada por alguma tecnologia de suporte ao aprendizado. Essa definição será a utilizada na presente pesquisa.

Segundo este grupo, exemplos de tecnologias que suportam o aprendizado incluem sistemas de treinamento baseado em computador, ambientes de aprendizagem interativa, sistemas de ensino a distância e ambientes de aprendizagem colaborativa. Exemplos de objetos de aprendizagem incluem conteúdo multimídia, conteúdo educativo, *software* educativo, dentre outros.

Leacock e Nesbit (2007) definem um Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* - LORI. Tal instrumento descreve os seguintes itens de avaliação de um objeto de aprendizagem segundo as suas características: qualidade do conteúdo, alinhamento com os objetivos, resposta e adaptação, motivação, projeto da apresentação, usabilidade, acessibilidade, reusabilidade e compatibilidade. Estes itens são detalhados a seguir:

- O item da qualidade do conteúdo avalia a veracidade, precisão, apresentação equilibrada de ideias e o nível apropriado de detalhes.

- O item de alinhamento com os objetivos de aprendizagem avalia o alinhamento entre os objetivos de aprendizagem com as atividades, avaliações e características do aprendizado.
- O item de resposta e adaptação avalia o conteúdo adaptativo ou resposta adaptada para diferentes tipos de aprendizes ou por diferentes modelos de aprendizagem.
- O item motivação avalia a capacidade de motivar e interessar uma população identificada de aprendizes.
- O item projeto da apresentação avalia o projeto da informação visual e auditiva para a aprendizagem avançada e eficiente processamento mental. O item acessibilidade avalia o projeto dos controles e dos formatos das apresentações para atender adequadamente aprendizes com deficiências físicas ou motoras.
- Finalmente, o item compatibilidade com as normas avalia a conformidade aos padrões e especificações internacionais.

Além disto, tal instrumento de Leacock e Nesbit (2007) descreve também como deve ser feita a pontuação de 1 a 5 para cada um desses itens. Os critérios de pontuação de cada um dos itens de análise do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007) são detalhados no ANEXO 1.

Para o estudo da anatomia humana na área da saúde ou aplicações médicas, bonecos anatômicos têm se desenvolvido como ferramentas didáticas de ensino. Com o desenvolvimento da tecnologia *Web 3D*, os Bonecos Anatômicos *Web* têm conquistado espaço para treinamentos e simulações. O tópico a seguir aborda estes bonecos, suas características e aplicações.



## 2.9 BONECOS ANATÔMICOS WEB

O estudo da anatomia humana tem sido feito há séculos. Ao longo dos anos, a utilização dos bonecos anatômicos tem se aperfeiçoado, com diferentes propósitos e recursos. Entre 1500 e 1800, é observado o uso de manequins de marfim e madeira na Europa. Esses bonecos tinham como maior propósito satisfazer a curiosidade pública e auxiliar na explicação de diagnósticos aos pacientes, e não o estudo de fato da medicina (MARKOVIĆ, 2010; MAGGE, 2001).

Desde então, alguns modelos anatômicos mais realistas têm sido utilizados tanto no ensino da medicina quanto para reforçar ou corrigir ideias médicas de como o corpo e a mente funcionam. Dentre estes, vale destacar a Mulher Transparente de 1950, a Vênus da Medicina de *La Specola* em Florença de 1775 e a Vênus Anatômica de Barcelona da segunda metade do século XIX. (SPENCER, 2006; MARKOVIĆ, 2010). Alguns destes modelos foram elaborados com extremo realismo, na intenção de trazer ao estudante parte do impacto que acontecerá na interação do médico com o corpo humano real (SINCLAIR, 1997). Nota-se que esses bonecos não tinham como objetivo principal serem didáticos aos estudos da anatomia, mas na simulação de um quadro artístico visceral realista.

Para uma representação mais didática e menos realista do corpo humano, de modo a evitar as reações extremas dos modelos mais realistas, Richard Rush cria, em 1980, uma versão mais simplificada dos seus Bonecos Anatômicos Transparentes - *Transparent Anatomical Manikin* – TAM (MARKOVIĆ, 2010; OWEN, 2012). Muitos modelos similares a estes, são utilizados hoje em salas de aula em todo mundo.

Atualmente, com o avanço da tecnologia, surgem novos bonecos anatômicos virtuais e simuladores de pacientes com respostas realistas, humanas e fisiológicas à doença aguda, ao trauma e às intervenções, permitindo elevado verossimilidade nas simulações, o que favorece maior imersão do estudante, com todas as vantagens dela decorrentes (MARTINS et al., 2012; ROSEN, 2008). Entre esses, existem alguns bonecos anatômicos virtuais que

podem ser acessados via *Web* por um grande número de usuários simultaneamente e de modo rápido, multiplataforma e seguro.

A utilização de bonecos virtuais no espaço tridimensional – largura ou eixo X, altura ou eixo Y e profundidade ou eixo Z – 3 Dimensões – (3D) tem se mostrado um modo eficaz no ensino de anatomia e medicina (YOUNGBLOOD et al., 2008). Os elementos virtuais apresentam mais fácil distribuição em relação aos modelos físicos. A utilização de modelos 3D auxilia na compreensão e navegação de elementos físicos, sendo recomendada para situações em que é importante a observação do objeto físico que precisa ser compreendido em sua forma sólida (NIELSEN, 1998).

A Interação 3D Adaptativa - *3D Interaction Adaptation* – ainda é um tema em aberto, em que algumas das vantagens buscadas são: acelerar a interação, diminuir a carga cognitiva – como uma forma de computação mais ubíqua – e tornar a interação mais adaptativa, para adicionar ou gerenciar possibilidades de interação (DENNEMONT et al., 2012). Segundo Hand (1997), atividades comumente realizadas num ambiente virtual 3D incluem a manipulação direta de objetos gráficos no ambiente, a seleção, dimensionamento, rotação, tradução, criação, exclusão e edição. No contexto do boneco anatômico, enquanto algumas atividades ganham maior importância, como a realização de cortes, algumas perdem o sentido, como o dimensionamento de objetos.

Além disso, os bonecos 3D virtuais podem ser adaptados para apresentarem características de determinados quadros clínicos, animações, interatividade e outras vantagens que são muito mais complexas, quando não impossíveis, de se modelar em um boneco estático concreto. Assim, bonecos anatômicos virtuais 3D são úteis em simulações, treinamentos, prototipagens virtuais, tele presença, tele operação e realidade ampliada (GOBBETTI e SCATENI, 1998).

Muitas universidades têm migrado horas do estudo anatômico via dissecação para o estudo anatômico utilizando bonecos virtuais (HASAN et al., 2010), principalmente para o ensino e visualização da disposição de estruturas complexas (TRELEASE, 2002; SILVA-

LOPES E MONTEIRO-LEAL, 2003; INZUNZA E BRAVO, 2002). Alguns pesquisadores defendem essa utilização de computadores (MCLACHLAN et al., 2004). Já outros (SUGAND et al., 2010; AZER et al, 2007; BÖCKERS et al., 2010) defendem que o ensino de anatomia se utilizando o corpo dissecado é incomparável. Existem ainda aqueles que defendem a integração dos dois métodos (SINAV e AMBRON, 2004; ELIZONDO-OMAHÑA et al., 2005; MALDONADO-ZIMBRÓN et al., 2006; JASTROW e VOLLRATH, 2003).

Hasan et al. (2010) ressaltam que a dissecação tradicional e a virtual são abordagens de ensino diferentes, e que cada uma apresenta seus pontos fortes. Cada uma delas trabalha com algumas das características que são todas necessárias para o desenvolvimento das habilidades práticas, teóricas e éticas entre os estudantes. Esta pesquisa resalta ainda que, mesmo com o avanço tecnológico que estão por vir, a interação com os bonecos por meio dos computadores ainda ocorre no meio artificial e sintético. Assim, segundo tais autores, a tecnologia de simulações de computador nunca conseguirá se igualar na complexidade e realidade milagrosa do corpo humano.

É preciso, então, equilibrar-se a utilização destes métodos conforme o modo de ensino, o currículo, pessoal qualificado e infraestrutura disponível (MARTINS et al., 2012). Martins et al. (2012) ressaltam que, salvo os casos em que a simulação seja inviável, não existe justificativa para que estudantes tenham um treinamento ineficiente ou treinem em pessoas reais, muitas vezes vulneráveis pela própria doença.

Com o avanço tecnológico recente, vários bonecos anatômicos virtuais *Web* 3D têm surgido. Durante a presente pesquisa, sete bonecos anatômicos virtuais *Web* foram encontrados:

1. *Anatomography* (2009) é uma sistema *Web* mantido pelo Banco de Dados Central para Ciências da Vida - *Database Center for Life Science* (DBCLS), da Universidade de Tóquio, para geração de imagens anatômicas a partir da seleção de partes do corpo, fazendo uso de um banco de dados do tipo dicionário chamado

*BodyParts3D* (MITSUHASHI et al., 2009). Nesta banco de dados, as formas e as posições das partes do corpo são representadas por 1.314 modelos anatômicos 3D. Estes modelos de órgãos estão disponíveis gratuitamente para *download* sob a licença *Creative Commons*. Além disto, provê-se gratuitamente uma API para a geração de imagens.

2. *Anatomy Tv* (ANATOMYTV, 2006) foi criado pela *Primal Pictures* com o objetivo de ser o mais completo e clinicamente preciso modelo 3D da anatomia humana. Desde 2003 este *software* tem sido utilizado para o ensino de anatomia e treinamento por mais de meio milhão de estudantes.
3. *BioDigital Human* (BIODIGITAL, 2011) é um corpo virtual 3D da *BioDigital Systems* com milhares de objetos anatômicos clinicamente precisos que simula diferentes condições de saúde em uma plataforma interativa *Web*. Busca criar uma forma envolvente de disponibilizar os dados relativos à saúde por meio de um boneco anatômico customizável *Web* 3D. Apresenta funcionalidades que buscam facilitar o ensino de anatomia, a comunicação médico-paciente e a criação de apresentações explicativas do funcionamento de fármacos e dispositivos médicos. Segundo a documentação oficial, este *software* contém uma API para o fornecimento de conteúdo personalizado. Durante a presente pesquisa, esta API era restrita às empresas parceiras.
4. *HealthLine Body Maps* (HEALTHLINE, 2005) é uma ferramenta que busca, de forma visual e interativa, permitir aos usuários explorarem o corpo humano em 3D e compreenderem em detalhes como ele funciona. Juntamente com cada conteúdo consultado, são apresentadas informações relevantes e links para auxiliarem no aprendizado sobre o corpo humano e manutenção da saúde.
5. *InteractElsevier* (2010) é uma ferramenta mantida pela *Cyber-Anatomy* que, utilizando da tecnologia de jogos para a aprendizagem e as ilustrações médicas do Dr. Frank H. Netter, busca auxiliar na aprendizagem, revisão e no ensino de

anatomia, já tendo sido utilizada por mais de 30 milhões de pesquisadores, estudantes e profissionais da saúde.

6. *Visible Human*: O Projeto *Visible Human* (VHP, 1994) é um desdobramento do plano de longo prazo de 1986 da Livraria Nacional de Medicina dos EUA - *The National Library of Medicine* (NLM). Ele consiste na criação anatomicamente completa, com detalhadas representações tridimensionais, dos corpos de homens e mulheres normais. Essas representações foram criadas a partir da aquisição transversal de Tomografia Computadorizada – *Computed Tomography* (CT), Ressonância Magnética - *Magnetic Resonance* (MR) e imagens de criocortes de cadáveres do sexo masculino e feminino. O corpo masculino foi seccionado em intervalos de um milímetro e o corpo feminino, em intervalos de um terço de milímetro. O objetivo em longo prazo do projeto *Visible Human* é produzir um sistema de estruturas de conhecimento que conecte de forma transparente as formas de conhecimento visuais com os formatos de conhecimentos simbólicos, como, por exemplo, os nomes das partes do corpo. Os conjuntos de dados do projeto *Visible Human* foram projetados para servir como um ponto de referência comum para o estudo da anatomia humana. Esse conjunto de dados de domínio público é utilizado para testes de algoritmos de imagens médicas, como uma plataforma de testes e como modelo para a construção de bibliotecas de imagens que podem ser acessadas por meio de redes. Eles estão sendo aplicados em contextos educacionais, para auxiliar diagnósticos, no planejamento de tratamentos, no desenvolvimento de realidade virtual, para usos artísticos, matemáticos e industriais por mais de 800 licenciados em 27 países. (ACKERMAN, 1998).
7. *Zygote Body*, (ZYGOTE, 2010), anteriormente chamado de *Google Body*, é uma aplicação *Web* da *Zygote Media Group* que desenha modelos 3D manipuláveis do corpo humano. Os modelos humanos são baseados em dados do *Zygote Media Group*. O boneco é dividido em partes do corpo que foram etiquetadas e podem ser vistas isoladas, removidas e pesquisadas. Além disto, essas partes foram

organizadas em camadas que podem ser feitas transparentes para permitir um melhor estudo dos elementos sobrepostos. O *Zygote Body* utiliza as tecnologias HTML, Javascript e WebGL para a geração do boneco 3D interativo, podendo ser utilizado em um navegador moderno sem a necessidade da instalação de nenhum programa adicional.

## 2.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de repositórios para prover ganho na pesquisa biomédica já é uma realidade consolidada. Os repositórios são utilizados para prover maior acesso, disponibilidade, interoperabilidade e preservação tanto para as publicações acadêmicas quanto para os sinais biomédicos, sinais esses essenciais para a validação de hipóteses e para a investigação médica.

Entretanto, exatamente pela variedade de opções, distribuídas entre universidades e organizações, cada uma com sua interface, com diferentes comportamentos em relação a usabilidade e acessibilidade, adaptabilidade, motivação, interação, reusabilidade e a compatibilidade com as normas, elementos descritos como atributos de qualidade nos objetos de aprendizagem, a capacidade de aprendizagem pode ser prejudicada.

Tendo em vista que muitos dos repositórios existentes disponibilizam *Web Services* para o acesso aos seus dados, torna-se possível a criação de meios alternativos de buscarem-se as pesquisas e sinais armazenados nestes repositórios. Esses meios alternativos podem apresentar atributos de qualidade desejáveis nos objetos de aprendizagem que não são disponíveis em alguns dos repositórios consultados.

Assim, a hipótese do presente trabalho consiste avaliar se é possível acessar conteúdos de diferentes repositórios provendo recursos que facilitem a utilização destes. Para tal foi criada uma interface que seja um objeto de aprendizagem de maior pontuação do que os repositórios selecionados, segundo os critérios de avaliação de Leacock e Nesbit (2007). A escolha destes repositórios para comparação será descrita na metodologia. Essa interface deve prover acesso às publicações acadêmicas e sinais biomédicos desses repositórios que

disponibilizem *Web Service*. Ela também deve fazer uso de um boneco anatômico para facilitar encontrar e navegar entre os termos das ontologias anatômicas.

Desta forma, no próximo capítulo é feita a delimitação do estudo, a descrição da metodologia para a seleção dos repositórios e bonecos anatômicos a serem avaliados. Nele também é descrita a metodologia para se avaliar os repositórios e a interface segundo os objetos de aprendizagem. Em seguida, são descritos os critérios propostos e questionário para a avaliação dos Bonecos Anatômicos *Web 3D*. Finalmente, são descritos os requisitos dessa interface e como deve ser a avaliação da mesma.





### 3 METODOLOGIA

Conforme foi descrito na fundamentação teórica, os sinais biomédicos são elementos de alto valor na pesquisa científica biomédica. Os repositórios se mostram como a estratégia vigente para prover a estes sinais e às pesquisas biomédicas maior aproveitamento, organização e facilidade de localização. Muitos destes repositórios disponibilizam recursos de *Web Services*, que viabilizam a integração de sistemas via *Web*.

O sucesso dos repositórios digitais depende de muito mais do que de uma infraestrutura ou das ferramentas de *software*, depende também das pessoas que vão formar a comunidade que vai utilizá-lo (DUNCAN, 2003). Os objetos de aprendizagem são focados em prover ativamente os meios para que as pessoas possam ensinar e aprender (WILEY, 2000). Assim, justifica-se a pesquisa da criação de uma Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* capaz de prover acesso aos conteúdos de diversos repositórios com usabilidade e acessibilidade, buscando atender aos critérios dos objetos de aprendizagem.

Para avaliar esta Interface, deve-se medir o impacto do seu uso, isto é, qual foi a melhora obtida na utilização da mesma em relação ao acesso direto aos repositórios disponíveis. Para tal, devem ser avaliados os repositórios e a Interface pelo Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - LORI de Leacock e Nesbit (2007).

Deste modo, esta pesquisa empírica realizará avaliações comparativas entre a pontuação dos repositórios e a Interface com Boneco Anatômico *Web 3D*, segundo este instrumento, verificando se houve ganho em relação aos repositórios avaliados e quanto este ganho foi significativo.

Esse capítulo visa mostrar como foi realizada a pesquisa, o desenho metodológico adotado e qual será a população de teste. Para tal, são detalhados os seguintes tópicos:

1. Delimitação do Estudo, onde são descritas as restrições e delimitações conhecidas;

2. Definição dos critérios e da coleta de dados, em que é descrita a seleção dos repositórios e dos bonecos anatômicos e os critérios pesquisados para a avaliação destes;
3. Definição dos critérios de seleção e avaliação dos Repositórios Digitais Biomédicos, onde são descritos quais foram os critérios para a seleção dos repositórios, quais repositórios foram selecionados e quais as análises que devem ser realizadas;
4. Definição dos critérios de seleção e avaliação dos Bonecos Anatômicos 3D, onde são descritos quais foram os critérios de seleção dos bonecos, quais foram selecionados, como foram propostos os critérios de avaliação dos Bonecos Anatômicos *Web* 3D, a motivação e o método de cálculo para cada um deles;
5. Descrição do questionário de avaliação da usabilidade dos Bonecos Anatômicos *Web* 3D, onde é detalhado o questionário, qual o perfil dos entrevistados e como o resultado deve ser avaliado;
6. Definição dos requisitos da Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D para Repositórios Digitais Biomédicos, onde são definidos os requisitos funcionais e não funcionais para uma Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D, a fim de facilitar a utilização e acesso aos conteúdos de repositórios biomédicos digitais;
7. Detalhamento e avaliação da Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D para Repositórios Digitais Biomédicos, onde é detalhado como esta interface deve interagir com os usuários, como ela deve ser avaliada e quais análises devem ser realizadas;
8. Considerações finais, onde são resumidos os pontos mais significativos da metodologia aplicada.

### 3.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO E COLETA DE DADOS

Este estudo considerou apenas, dentre os repositórios encontrados, os que disponibilizam *Web Services*, preferencialmente SPARQL para a integração para a busca de conteúdo. Este presente trabalho não inclui a criação de novos repositórios, e sim propor um mecanismo para facilitar a busca de conteúdos nos diversos repositórios digitais biomédicos.

Na seleção do boneco anatômico, foram considerados apenas os bonecos anatômicos que sejam acessíveis via *Web*, tendo em vista que a aplicação proposta é de acesso via *Web*. Não faz parte do presente trabalho a criação de novos bonecos anatômicos, mas a utilização de algum dos bonecos anatômicos existentes para prover facilidade de busca de conteúdos nos repositórios digitais biomédicos através deste boneco.

Os recursos do HTML5 não são disponíveis em todos os navegadores, em especial, o *Microsoft Internet Explorer*, que, mesmo em sua versão mais moderna, não apresenta alguns recursos e nem a intenção de provê-los. Existem *plug-ins* com a proposta de viabilizar a execução dos recursos do HTML5 neste navegador, mas estes não são suportados ou endossados pela *Microsoft*. Tendo em vista que os demais navegadores *Google Chrome*, *Mozilla Firefox*, *Safari* e *Opera* já disponibilizam tal recurso, essa limitação não impede o acesso e aproveitamento da Interface proposta pela comunidade.

Nos critérios propostos foram considerados apenas aqueles que poderiam ser realizados sem gerar nenhum prejuízo ou risco ao bom funcionamento do serviço e sem descumprir nenhum dos Termos de Uso definidos nos bonecos. Testes de sobrecarga ou de segurança não fazem parte deste escopo.

Nesta pesquisa, o foco analisado foi a capacidade dos repositórios e da Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* de prover objetos de aprendizagem conforme as recomendações do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - LORI de

Leacock e Nesbit (2007). Assim, este instrumento foi utilizado na avaliação dos repositórios e da Interface com Boneco Anatômico *Web 3D*. A seleção dos repositórios foi feita a partir da quantidade de publicações acadêmicas neles disponíveis e pela importância dada aos mesmos pela literatura encontrada.

Para a avaliação dos bonecos anatômicos *Web 3D*, as propostas encontradas na pesquisa bibliográfica realizada eram voltadas para avaliar novas tecnologias de aprendizagem em medicina, mas não buscavam auxiliar a escolha de bonecos anatômicos para integração. Para tal, foram levantadas as características desejáveis de um boneco anatômico *Web 3D* e definidas as formas de pontuação. Para avaliar os critérios relacionados à usabilidade, foi aplicado um questionário em estudantes de tecnologia e em profissionais de saúde e tecnologia, conforme será melhor detalhado no tópico 3.3 – Definição dos Critérios de Seleção e Avaliação dos Repositórios Digitais Biomédicos, no tópico Definição de Critérios para Avaliação de Bonecos Anatômicos *Web 3D*.

Para a avaliação da Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* foi utilizada a mesma métrica com que foram avaliados os repositórios, isto é, o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - LORI de Leacock e Nesbit (2007) conforme ANEXO 1.

### 3.2 SELEÇÃO DOS REPOSITÓRIOS DIGITAIS BIOMÉDICOS

Dentre os repositórios encontrados, foram selecionados dez para serem avaliados. Para tal seleção, foram consideradas a quantidade de publicações acadêmicas neles disponíveis e a importância dada aos mesmos pela literatura encontrada. O Banco de Dados de Microdados de Stanford - *Stanford Microarray Database* - SMD (SMD, 2001) estava inicialmente entre os selecionado para serem avaliados, mas estava indisponível durante essa pesquisa devido a uma migração de ambiente. Os dez repositórios selecionados foram detalhados no tópico “2.2 – Repositórios Digitais” e serão citados resumidamente a seguir:

1. Banco de Dados de Microdados *ArrayExpress* (ArrayExpress, 2003), do Instituto Europeu de Bioinformática é um banco de dados de experimentos genômicos funcionais que podem ser consultados e transferidos. Ele inclui dados de expressão

gênica de microdados e estudos de sequenciamento de alto rendimento. Os dados nele armazenados são de Acesso Livre;

2. *Bioline International* (BIOLINE, 1993), um editorial cooperativo acadêmico sem fins lucrativos comprometido em fornecer Acesso Livre a revistas científicas de qualidade publicados em países em desenvolvimento;
3. *BioMed Central* (BIOMED, 2000), uma editora de Ciência, Tecnologia e Medicina de 256 periódicos com revisão por pares de Acesso Livre;
4. Diretório de Periódicos de Acesso Livre – *Directory of Open Access Journals* – DOAJ (DOAJ, 2003), mantido pelo Serviços de Infraestrutura para o Acesso Livre – *Infrastructure Services for Open Access*;
5. *EPrints* (EPRINTS, 2000), utilizado pela *University Southampton* e pela *University Quebec Montreal* para disponibilizar os resultados de pesquisas das faculdades, materiais de funcionários, testes e dissertações de alunos com Acesso Livre;
6. *MyPacs* (MYPACS, 2002; WEINBERGER, 2002), um repositório digital biomédico que permite que radiologistas disponibilizem documentos bem detalhados de acesso público ou privado para ensino;
7. Instituto de Saúde Nacional dos Estados Unidos da América – *National Institute of Health* – NIH (NIH, 2006), do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA. A maior parte do conteúdo é disponível sob domínio público, mas existem exceções;
8. *Papyrus* (PAPYRUS, 2006), um repositório biomédico digital institucional da Universidade de Montreal. As licenças dos conteúdos variam conforme a política da universidade;
9. Livraria Pública da Ciência – *Public Library of Science* – PLOS (PLOS, 2000), uma editora sem fins lucrativos cuja missão é acelerar o progresso da ciência e da

medicina, levando a transformação na comunicação de pesquisas. Disponibiliza uma biblioteca de publicações científicas de Acesso Livre;

10. *PubMed Central – PMC* (PMC, 2000) da Livraria Nacional de Medicina do Instituto de Saúde Nacional dos Estados Unidos da América – *U.S. National Institute of Health's National Library of Medicine* – (NIH/NLM). Existem neste repositório conteúdos sob a licença *Creative Commons* e conteúdos protegidos por outras licenças.

A pontuação de cada repositório, segundo o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - LORI de Leacock e Nesbit (2007), deve ser a soma simples da pontuação em cada um dos critérios conforme ANEXO 1. Os nove critérios de avaliação do LORI são Qualidade, Alinhamento, Resposta e Adaptação, Motivação, Apresentação, Usabilidade, Acessibilidade, Reusabilidade e Compatibilidade. A pontuação em cada critério varia da pontuação mínima 1 até a pontuação máxima 5.

Além da avaliação da pontuação de cada repositório, buscou-se também encontrar a distribuição da pontuação dos repositórios. Para avaliação se tal distribuição era normal, foi utilizado o Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk devido ao tamanho da população. Caso fossem avaliados 70 repositórios ou mais, o teste mais recomendado seria o Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov.

### 3.3 LEVANTAMENTO BIOGRÁFICO E SELEÇÃO DOS BONECOS ANATÔMICOS WEB 3D

Tendo em vista que a Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D desenvolvida demandava um boneco anatômico 3D *Web*, fez-se necessário um levantamento dos bonecos anatômicos disponíveis. Após levantamento bibliográfico e pesquisa foram selecionados dentre os bonecos encontrados, os que fossem acessíveis via *Web* e que estivessem disponíveis para utilização, avaliação ou compra. Os sete bonecos escolhidos para serem avaliados foram detalhados no tópico “2.9 – Bonecos Anatômicos *Web*” e serão citados resumidamente a seguir:

1. *Anatomography* (2009), do Banco de dados Central para Ciências da Vida – *Database Center for Life Science* (DBCLS) da Universidade de Tóquio;
2. *Anatomy Tv* (ANATOMYTV, 2006), da *Primal Pictures*;
3. *BioDigital Human* (BIODIGITAL, 2011), da *BioDigital Systems*;
4. *HealthLine Body Maps* (HEALTHLINE, 2005), da *HealthLine*;
5. *InteractElsevier* (2010), da *Cyber-Anatomy*;
6. *Visible Human* (VHP, 1994), da Livraria Nacional de Medicina dos EUA - *The National Library of Medicine* (NLM);
7. *Zygote Body*, (ZYGOTE, 2010), da *Zygote Media Group*.

Para auxiliar na escolha do boneco anatômico *Web* para o desenvolvimento da Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D, fez-se necessária avaliação destes bonecos. Para tal, foram propostos critérios de avaliação de Bonecos Anatômicos *Web* 3D que serão detalhados a seguir.

### **3.3.1 Definição de Critérios para Avaliação de Bonecos Anatômicos Web 3D**

Visando à escolha do boneco anatômico para o desenvolvimento da Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D, foi necessária a definição de critérios objetivos de avaliação de bonecos anatômicos *Web* 3D, para que gerassem pontuações próprias como resultados. Esses resultados possibilitam então conhecerem-se as limitações de cada uma das opções, as opções similares, bem como auxiliar na escolha do boneco mais adequado a cada demanda específica, inclusive no desenvolvimento da Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D, proposta neste trabalho.

Para tal, os critérios sugeridos devem estar associados a aspectos essenciais do boneco enquanto ferramenta para o estudo de anatomia, tanto sendo utilizada de forma isolada quanto integrada com outras aplicações. Devem também, buscar meios de avaliar se o

boneco anatômico está seguindo as recomendações e fazendo uso dos recursos e vantagens disponíveis no contexto da *Web*.

Deste modo, antes da criação de novos critérios, inicialmente foi feito um levantamento das opções similares para a avaliação. Dentre estas, vale destacar o *framework* de avaliação de novas tecnologias de aprendizagem em medicina de Youngblood et al. (2005), a versão adaptada deste *framework* proposta por Dev et al. (2011) e o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007).

Pensando-se que os critérios de avaliação dos Bonecos Anatômicos *Web* 3D propostos buscam auxiliar na escolha do boneco a ser utilizado na Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D, estes devem então atender as seguintes características:

- **Objetividade:** Os requisitos de pontuação dos critérios devem ser associados a características, normas, padrões ou comportamentos que possam ser objetivamente testáveis, gerando resultados como “atende” ou “não atende” de modo igual por diferentes avaliadores;
- **Prévio à implantação:** Tendo em vista que os critérios buscam auxiliar na escolha do boneco para a implantação, os requisitos de pontuação dos critérios não devem fazer uso de informações que só podem ser obtidas após a implantação da solução;
- **Escala Padrão e Finita:** Para viabilizar um comparativo claro, a pontuação em cada um dos critérios deve resultar em valores dentro dos máximos e mínimos estabelecidos. Nesta pesquisa a escala escolhida foi de 0 a 5, em que os maiores valores indicam maior qualidade no critério.

Cada uma das opções similares foi estudada, a fim de verificar se elas atendem aos objetivos da pesquisa, apresentando as características desejadas. Os critérios que apresentaram as características desejadas foram agregados ao conjunto de critérios propostos. Os critérios que não apresentaram tais características foram estudados, buscando-se aproveitar elementos neles encontrados para que fossem agregados ao conjunto de critérios propostos.



A seguir, são apresentados de forma resumida alguns trabalhos científicos que apresentam formas de avaliação de elementos de contexto relacionado aos Bonecos Anatômicos *Web* que serviram como norteadores para a criação dos critérios dos critérios defendidos nesta pesquisa.

Youngblood et al. (2005) definiram um framework de avaliação de novas tecnologias de aprendizagem em medicina. Esse framework tem o foco na experiência do usuário, com atividades de beta-teste, revisão do conteúdo por especialistas, testes de usabilidade, testes de validação, avaliação dos resultados da aprendizagem, integração curricular e transferência do aprendizado para a prática clínica. Esses critérios são para a avaliação de uma nova tecnologia em uso e assim não são passíveis de uma avaliação prévia à implantação conforme o desejado nesta pesquisa.

Dev et al. (2011) criaram uma aplicação *Web*, 3D e *on-line*, para a educação médica. Eles criaram também critérios para a avaliação desta a partir do framework de avaliação de novas tecnologias de aprendizagem em medicina de Youngblood et al. (2005). Na adaptação de Dev et al. (2011), o elemento beta-testes foi substituído pelo critério de qualidade: robustez do sistema.

A robustez de um sistema é um critério que pode ser mensurável a partir de requisitos objetivos de sistema. A limitação deste critério é que ele vem associado à capacidade de gerar ou simular situações de exceção ou ataque ao sistema. Esses testes são normalmente feitos em ambientes separados ao de produção a fim de evitar que o usuário venha a sofrer os impactos dos testes em seu uso da ferramenta. Assim, tendo em vista que os testes realizados nesta pesquisa são efetuados nos bonecos em seus ambientes de produção, a realização dos testes de robustez torna-se impossível devido ao acordo de utilização dos bonecos.

De modo semelhante ao *framework* de Dev et al. (2011), o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* – LORI (LEACOCK E NESBIT, 2007) apresenta alguns critérios que são relativos ao contexto em que o *software* é utilizado, tais como o alinhamento com os objetivos e o nível apropriado de detalhes na

qualidade do conteúdo. Apesar disto, alguns elementos do LORI podem ser completamente ou parcialmente avaliados de modo independente da aplicação. Dentre estes vale destacar:

1. A veracidade e detalhamento das informações, conforme descritos no critério da qualidade do conteúdo;
2. A capacidade de receber *feedback* e utilizar esta informação a fim de individualizar a experiência, definida no critério de resposta e adaptação;
3. A capacidade de prender e manter a atenção dos alunos, provendo informação relevante que vá além do nível superficial, detalhada no critério motivação.
4. A capacidade de integrar textos, vídeos, recursos gráficos e mídias de áudio de modo adequado ao conteúdo e coerente, detalhada no critério da apresentação;
5. A capacidade de prover uma interface de navegação ágil, previsível, intuitiva com elementos interativos, detalhada no critério usabilidade;
6. A adequação às normas e padrões do W3C é descrita tanto no critério de acessibilidade quanto no critério de compatibilidade com as normas;
7. A capacidade de integração facilitada, descrita no critério de reusabilidade.

Na presente pesquisa foram propostos um conjunto com oito critérios para avaliação de Bonecos Anatômicos Web 3D, estes estão alicerçados em duas dimensões já definidas nas seções “2.6 Usabilidade” e “2.7 Acessibilidade”.

Os critérios que estão na dimensão usabilidade são: navegabilidade, realismo e tridimensionalidade. E na dimensão Acessibilidade são: acessibilidade, interatividade, interoperabilidade, independência tecnológica, licença e termos de uso.

Ressalta-se que dos oito critérios, cinco foram definidos durante esta pesquisa. São eles: independência tecnológica, licença e termos de uso navegabilidade, realismo e tridimensionalidade (MATA, SALES e ANDRADE, 2013; MATA e SALES, 2013; MATA, SALES e ANDRADE, 2013b). Todos critérios foram criados a partir das propostas de avaliação de Youngblood et al. (2005), de Dev et al. (2011) e de Leacock e Nesbit (2007), das recomendações existentes para conteúdos Web, dos recursos e

vantagens disponíveis no contexto da Web e das características que agregam na aprendizagem das ferramentas anatômicas. A estrutura de apresentação dos critérios definidos para avaliação dos Bonecos Anatômicos Web 3D é composta pelas seguintes informações:

- **Fonte de Pesquisa:** em que são apresentadas as definições e fontes bibliográficas mais relevantes para o critério;
- **Relevância:** em que são descritas as relações do critério com a capacidade de agregar na aprendizagem das ferramentas anatômicas e de ser um conteúdo mais adequado ao contexto Web; e
- **Cálculo:** em que é apresentado a metodologia de pontuação dos bonecos no critério proposto.

### **3.3.2 Critérios para Avaliação dos Bonecos Anatômicos Web 3D**

A seguir são apresentados os oito critérios propostos nesta pesquisa para avaliação dos Bonecos Anatômicos *Web* 3D:

#### **Critério 1 - Independência Tecnológica**

##### **Fonte de Pesquisa:**

A *Web* é idealizada por Tim Berners-Lee (1989) como uma rede de troca livre de informações. As aplicações *Web* que se utilizam bem dos recursos que ela oferece podem funcionar de modo multiplataforma, interoperável, acessível e seguro.

**Relevância:**

Enquanto algumas das opções de boneco virtual fazem uso de tecnologias 3D livres e abertas, outras são construídas de modo dependente de *plug-ins* ou sem especificação aberta disponível, tais como *Adobe Flash*, *Unity* e *Silverlight*. Outras aplicações *Web* exigem ainda a instalação de programa próprio para poderem ser executadas. Perdem, assim, vários aspectos da independência tecnológica característicos das aplicações *Web* tais quais descritos no tópico 2.4 – HTML da Fundamentação Teórica. Baseado nisto, a independência tecnológica será um dos critérios a serem avaliados.

As regras de pontuação no critério da independência tecnológica foram então definidas na quadro 1:

**Quadro 1** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da independência tecnológica

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Apresenta apenas versão compilada em um sistema operacional,	0
Apresenta versão compilada para os principais sistemas operacionais (Windows, Linux e Mac-Os).	1
Apresenta versão nativa em linguagem multiplataforma sobre máquina virtual.	2
Ferramenta <i>Web</i> que faz uso de recursos <i>Web</i> obsoletos e descontinuados tais como <i>Applets Java</i> e <i>Adobe Air</i> .	3
Ferramenta <i>Web</i> que faz uso de recursos atuais, mas que fogem dos padrões da W3C, como por exemplo o <i>Adobe Flash</i> e <i>Unity3D</i> .	4
Ferramenta <i>Web</i> que faz uso apenas dos recursos compatíveis com os padrões da W3C.	5

Conforme pode ser visto no quadro 1, recebem menor pontuação as ferramentas que só podem ser utilizadas em alguns sistemas operacionais ou em navegadores com determinadas extensões instaladas. Por outro lado, recebem maiores pontuações as ferramentas que possam ser utilizadas nos mais diversos tipos de ambientes, via *Web* e fazendo uso de tecnologias de padrão aberto.

## **Critério 2 - Interoperabilidade**

### **Fonte de Pesquisa:**

A interoperabilidade é a habilidade de dois ou mais sistemas ou componentes trocarem informações e conseguirem utilizá-las (IEEE, 1991). Segundo Burdun e Bodenreider (2008), um número crescente de ferramentas na informática biomédica tem sido desenvolvido com *Web Services*. Estes oferecem para a comunidade biomédica, como principais benefícios, a interoperabilidade e usabilidade.

*Web Services* usam protocolos de comunicação padrão sobre a Internet, o que os torna virtualmente independentes de plataforma. Eles podem ser combinados com baixo acoplamento, de forma a realizarem operações complexas. Programas provendo serviços simples podem interagir uns com os outros de forma a disporem de sofisticados serviços de valor agregado (CHIEN et al., 2010).

### **Relevância:**

A interoperabilidade é, então, essencial para a integração do boneco com outras aplicações, podendo, assim, prover a esse novas funcionalidades. Deste modo, a interoperabilidade será um dos critérios avaliados. No contexto do boneco anatômico desta pesquisa, interoperabilidade será pontuada conforme a presença de meios, seja por URL, Interface de Programação de Aplicativos - *Application Programming Interface* (API) ou por *Web Services*, para a consulta sobre a situação atual do boneco, quais os elementos ou vínculos relacionados ao elemento atual e para viabilizar a manipulação do boneco anatômico virtual.

As regras de pontuação no critério da interoperabilidade foram então definidas na quadro 2:

**Quadro 2** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da interoperabilidade

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Ferramenta não provê qualquer meio de interação com aplicações externas e é proibido nos termos de uso tentar realizar-se qualquer adaptação ou integração com a ferramenta.	0
Ferramentas que não proveem qualquer meio para que aplicações externas venham a interagir com os elementos, mas não impedem que a adaptação ou integração com a ferramenta seja feita.	1
Ferramentas que proveem meios de aplicações externas manipularem a câmera, mas não informam qual elemento está selecionado.	2
Ferramentas que proveem meios de aplicações externas consultarem qual elemento está selecionado, mas não proveem meios de se modificar a seleção.	3
Ferramentas que proveem meios de aplicações externas manipularem o elemento selecionado, mas não proveem uma <i>API</i> ou <i>Web Service</i> que informe quais são os elementos próximos deste, quais elementos estão contidos nele ou qual é o seu elemento pai.	4
Ferramentas que proveem uma <i>API</i> ou <i>Web Service</i> que permita à aplicação externa consultar qual é o elemento atualmente selecionado, quais elementos estão próximos, quais estão contidos e qual é o elemento pai, além de prover meio de se modificar o elemento atualmente selecionado para algum outro.	5

Conforme pode ser visto no quadro 2, recebem menor pontuação as ferramentas que não disponibilizam ou proíbem o desenvolvimento de meios para que as aplicações externas possam interagir com os bonecos anatômicos. Enquanto recebem maiores pontuações, as ferramentas que disponibilizem API para que aplicações externas possam realizar operações de manipulação e consulta.

### **Critério 3 - Acessibilidade**

#### **Fonte de Pesquisa:**

Acessibilidade é a dimensão para um produto, sistema ou ambiente na medida em que este pode ser usado por pessoas com a mais ampla variedade de características e capacidades (ISO/IEC 26514, 2008) para atingir um objetivo específico num determinado contexto de uso (ISO/IEC 25010, 2011). Apesar do termo normalmente abordar os usuários que possuem deficiência, o conceito não se limita a questões de deficiência. A variedade de capacidades inclui, por exemplo, dificuldades associadas com o avanço da idade (ISO 9241-171, 2008). Esse critério foi mais detalhado no tópico 2.8 na fundamentação teórica.

#### **Relevância:**

A WCAG 2.0 (WCAG 2008) descreve como os princípios da acessibilidade tornam um conteúdo perceptível, operável, compreensível e robusto. Tendo em vista que os requisitos do WCAG 2.0 são descritos como sendo testáveis para determinar de forma objetiva se o conteúdo os cumpre, então eles atendem às exigências para requisitos de critérios descritas na metodologia podendo ser adotados neste trabalho.

A pontuação do WCAG 2.0 varia em apenas 4 valores: sem conformidade; “A”, para nível mínimo de conformidade; “AA”, para nível médio de acessibilidade; “AAA”, para nível alto de conformidade, sendo que um sistema só pode obter a pontuação de um nível caso atenda todos os critérios deste nível e dos níveis anteriores a este.

Para viabilizar a detecção de menores variações entre os bonecos, foi criado um padrão de pontuação baseado nos critérios da W3C que é melhor detalhado por Mata, Sales

e Andrade (2013b). A pontuação percentual neste critério será ajustada à mesma escala utilizada pelos demais critérios, de 0 a 5. Assim a acessibilidade será um dos critérios avaliados, no qual a pontuação será baseada nos critérios do WCAG 2.0.

#### **Critério 4 - Licenças e Termos de Uso**

##### **Fonte de Pesquisa:**

Licenças são instrumentos legais para gerir o uso e distribuição de um material. Sarmento et al. (2005) encorajam as universidades e autores a adotarem o Acesso Livre (AL) – *Open Access* (OA),

[...] permitindo a qualquer utilizador ler, fazer download, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou referenciar o texto integral dos documentos, processá-los para indexação, passá-los como dados de entrada para programas de software, ou usá-los para qualquer outro propósito legal, sem qualquer barreira financeira, legal ou técnica para além daquelas que são inseparáveis da obtenção do acesso à própria Internet. A única restrição sobre a reprodução e distribuição, e o único papel para o copyright nesse domínio, será o de dar aos autores controle sobre a integridade de seu trabalho e o direito de propriedade intelectual e citação.

##### **Relevância:**

Tais autores ressaltam também que, na Declaração de Bethesda (BETHESDA, 2003), direcionada à área biomédica, existe a preocupação com o acesso perpétuo ao material em Acesso Livre, ou seja, prevê que esse material seja preservado de forma a estar disponível por longo período de tempo, permitindo o contínuo acesso à informação.

As regras de pontuação no critério da Licença e Termos foram então definidas na quadro 3:



**Quadro 3** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da licença e termos

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Bonecos virtuais que proíbem a publicação de imagens geradas ou animações.	0
Bonecos virtuais que permitem a utilização das imagens em pesquisas e publicações acadêmicas, mas cujo termos de uso impedem a consulta do código do boneco para a criação de funcionalidades personalizadas.	1
Bonecos de código-fechado, que permitem na Licença o uso integrado apenas em aplicações previamente autorizadas, com restrições nos Termos de Uso além da garantia da autoria.	2
Bonecos de código-fechado, que permitem na Licença o uso integrado apenas em aplicações código-aberto, para aplicações gratuitas ou pagas e sem restrições nos Termos de Uso além da garantia da autoria.	3
Bonecos de código-aberto, que permitem na Licença o uso integrado apenas em aplicações código-aberto.	4
Bonecos de código-aberto, que permitem na Licença o uso integrado em aplicações código-aberto ou fechadas, para aplicações gratuitas ou pagas e sem restrições nos Termos de Uso além da garantia da autoria.	5

Conforme pode ser visto no quadro 3, recebem menor pontuação as ferramentas cujo os termos de uso proíbem a publicação de materiais obtidos pela ferramenta e a criação de novas funcionalidades por terceiros. Por outro lado, recebem maiores pontuações, as ferramentas com termos de uso que autorizam essas utilizações e integrações. Bonecos anatômicos de código-aberto, sem restrições nos termos de uso além da autoria, viabilizam

que a própria comunidade crie diferentes adaptações do boneco anatômico, provendo, assim, maior ganho para a comunidade científica.

### **Critério 5 - Navegabilidade**

#### **Fonte de Pesquisa:**

Após selecionar um elemento anatômico, o usuário pode querer navegar deste para outros elementos relacionados ao atual, por algum tipo de vínculo. É adequado, por exemplo, que elementos anatômicos sejam organizados em uma estrutura onde os elementos mais abrangentes contenham os elementos menos abrangentes. O elemento da cabeça contém os elementos do olho direito e do olho esquerdo, por exemplo. Essa relação entre os elementos por vínculos pode ser representada por um grafo no qual os elementos são nós ou vértices, e os vínculos as retas ou arestas (MATA e SALES, 2013).

#### **Relevância:**

Deste modo, o usuário pode conseguir consultar no boneco as informações no detalhamento desejado. Além disso, pode navegar entre elementos de seu interesse, a partir de vínculos preestabelecidos. Assim, nesta pesquisa, o item navegabilidade deve avaliar as funcionalidades disponíveis para se selecionar um elemento, para ir de um elemento selecionado a outro relacionado por diferentes tipos de vínculos. Obtém-se assim, uma interface de navegação ágil, previsível e intuitiva, com elementos interativos, conforme o recomendado por Leacock e Nesbit (2007).

As regras de pontuação no critério da interoperabilidade foram então definidas conforme quadro 4:

**Quadro 4** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da interoperabilidade

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Boneco que não possibilitam nenhum tipo de navegação entre o usuário e o boneco anatômico.	0

**Quadro 4** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da interoperabilidade (continuação)

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Bonecos que permitam ao usuário escolher o elemento anatômico buscado.	1
Bonecos que permitem navegar de um elemento anatômico para os outros numa lista fechada em que a lista esteja integrada ao boneco ou próxima deste.	2
Bonecos que permitam navegar entre os elementos fisicamente próximos e de um elemento anatômico para os seus elementos filhos ou pais.	3
Bonecos que permitam, além da navegação entre elementos pais, filhos e por proximidade, a navegação por sistemas padrões predeterminados, tais como sistemas circulatório e digestivo.	4
Bonecos que permitam navegação por outros vínculos, além da navegação além da navegação entre elementos pais e filhos e entre elementos do mesmo sistemas.	5

Conforme pode ser visto no quadro 4, recebem menor pontuação as ferramentas em que o usuário tem poucas funcionalidades relacionadas à seleção de elemento por busca ou por vínculos. Recebem maiores pontuações, as ferramentas em que o usuário tem a sua disposição uma maior variedade de meios de ir de um elemento anatômico para outro.

### **Critério 6 - Interatividade**

#### **Fonte de Pesquisa:**

A possibilidade de interatividade é uma das vantagens do boneco anatômico virtual (GOBETTI E SCATENI, 1998), sendo necessária para simulações de instruções (MARTINS et al., 2012). Ela possibilita à ferramenta personalizar a experiência com o

usuário. Elementos interativos são colocados como critério de pontuação para usabilidade recomendada por Leacock e Nesbit (2007).

**Relevância:**

Assim, nesta pesquisa, o item da interatividade deve avaliar a capacidade da ferramenta de personalizar a experiência com o usuário, de simular cenários e de apresentar diferentes respostas conforme o usuário interage com o boneco nestes cenários. As regras de pontuação no critério da interatividade foram então definidas no quadro 5:

**Quadro 5** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da interatividade

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Bonecos que não permitam nenhum tipo de interação com o boneco anatômico.	0
Bonecos que permitam selecionar elementos.	1
Bonecos que permitam a observação do elemento selecionado, isoladamente ou em conjunto com os demais.	2
Bonecos que permitam animações do elemento.	3
Bonecos que permitam a simulação de doenças, quadros clínicos ou intervenções.	4
Bonecos que permitam a simulação de cenários interativos que se alterem conforme procedimentos tomados pelo usuário, como, por exemplo, o usuário poder aplicar um remédio que venha a reduzir o batimento cardíaco do boneco paciente.	5

Conforme pode ser visto no quadro 5, recebem menor pontuação os bonecos com interatividade nula ou limitada, na qual todos os usuários têm experiências muito similares.

Ao passo que recebem maiores pontuações, os bonecos mais interativos, que respondem às interações do usuário, personalizando a experiência de uso.

### **Critério 7 - Tridimensionalidade**

#### **Fonte de Pesquisa:**

Tridimensionalidade engloba a interação 3D, as técnicas para manipulação de objetos e manipulação de pontos de vista e controle de aplicação em que algumas das vantagens buscadas são: acelerar a interação, diminuir a carga cognitiva e tornar a interação mais adaptativa para adicionar ou gerenciar possibilidades de interação (DENNEMONT et al., 2012).

#### **Relevância:**

Nielsen (1998) recomenda a utilização de interfaces 3D para situações em que é importante a observação do objeto físico que precisa ser compreendido em sua forma sólida. Assim, para viabilizar essa compreensão da forma, é importante que se faça uso das vantagens de uma interface 3D, como movimento de câmera, de elemento, realização de cortes e navegação dentro de elementos. Segundo Hand (1997), atividades comumente realizadas num ambiente virtual 3D incluem a manipulação direta de objetos gráficos no ambiente, a seleção, dimensionamento, rotação, tradução, criação, exclusão e edição. Esse critério está mais detalhado no tópico 2.9 – Bonecos Anatômicos *Web* na fundamentação teórica.

As regras de pontuação neste critério foram então definidas no quadro 6:

**Quadro 6** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da tridimensionalidade

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Quando não houver nenhum movimento de câmera.	0
Bonecos com movimentos de câmera de rotação ao redor do boneco anatômico.	1

**Quadro 6** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério da tridimensionalidade (continuação)

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Bonecos que permitam movimento de câmera de aproximação ou distanciamento do elemento anatômico selecionado ou do boneco.	2
Bonecos com movimentos de rotação no eixo X-Y e no eixo X-Z em relação ao boneco ou ao elemento anatômico selecionado e movimentos nos planos X, Y e Z.	3
Bonecos que permitam ao usuário realizar cortes nos elementos nos ângulos que desejar, ter uma visão interna destes e navegar sobre o corte.	4
Bonecos que permitam ao usuário observar, cortar e navegar livremente tanto o elementos isolados quanto o boneco sem alguns elementos selecionados.	5

Conforme pode ser visto no quadro 6, a pontuação é dada conforme mais funcionalidades são disponíveis ao usuário com o objetivo de fazer melhor uso do espaço tridimensional, permitindo assim, a mudança da posição do observador, observação do boneco anatômico com apenas alguns elementos ou sem alguns elementos e a observação de cortes. Essas funcionalidades auxiliam na compreensão da forma e organização desses elementos no espaço tridimensional, que no contexto do boneco anatômico auxiliam no estudo e compreensão da anatomia humana.

### **Critério 8 - Realismo**

#### **Fonte de Pesquisa:**

Segundo Martins et al. (2012), o realismo, ambientação e a interatividade instruem ao aluno como proceder durante a situação real. Um nível de detalhamento anatômico mais simples é por vezes criado com o foco didático, enquanto o detalhamento realista auxilia

no reconhecimento e exercício mais próximo da prática real do profissional de saúde (ROSEN et al., 2008).

**Relevância:**

Algumas abordagens para geração de modelos anatômicos realistas combinam imagens obtidas de exames ou dissecações com elementos 3D virtuais para a criação de uma experiência dinâmica o mais realista possível. Assim, apesar de que a imagem menos realista possa ser a mais adequada para alguns contextos (OWEN, 2012), nesta pesquisa o realismo avaliará quão próxima é a imagem de uma dissecação real. Isso, tendo em vista que o foco desta pesquisa é nas áreas de saúde e aplicações médicas em que o realismo é considerado necessário (MARTINS et al., 2012).

As regras de pontuação no critério do realismo foram definidas conforme quadro 7:

**Quadro 7** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério do realismo

<b>Regra</b>	<b>Pontuação</b>
Bonecos anatômicos em que a imagem dos elementos anatômicos é altamente simplificada, apresentando tamanhos irreais para facilitar a compreensão.	0
Bonecos anatômicos em que os elementos apresentam proporções reais com coloração única aproximada da coloração real média do elemento, como a cor do crânio ser única e próxima ao cinza enquanto a cor do estomago ser próxima ao vermelho, por exemplo.	1
Bonecos anatômicos em que os elementos anatômicos apresentam texturização sem densidade, conseguindo, assim, apresentar diferentes cores conforme a região do elemento.	2
A imagem dos elementos anatômicos apresenta texturização com densidade - <i>bump mapping</i> - para maior aproximação com o elemento real.	3

**Quadro 7** Regras para pontuação de bonecos anatômicos no critério do realismo  
(continuação)

Regra	Pontuação
Bonecos anatômicos em que a imagem da anatomia simulada, para ser mais próxima à imagem de um corte de dissecação ou resultante de exame, utiliza de todos os recursos de texturização, coloração, sombreado, transparência, brilho, geometria, difusão, densidade e dispersão para gerar uma simulação de alta qualidade.	4
Bonecos com imagens obtidas de cortes de dissecação ou de exames combinadas com informações 3D, conforme recomendado por Brenton et al. (2007), para a geração da imagem de alta qualidade.	5

Conforme pode ser visto no quadro 7, a pontuação é dada conforme a maior aproximação da imagem gerada com uma dissecação real. Para tal, recursos como coloração, texturas, sombreados, transparência, brilho, densidade e dispersão podem ser combinados com imagens de cortes de dissecações e exames para a criação de uma experiência com maior realismo. O realismo afeta diretamente a qualidade do boneco anatômico, pois, para profissionais da saúde, o realismo das simulações é considerado adequado e necessário (OWEN, 2012; MARTINS et al., 2012).

Para critérios puramente técnicos, definidos a partir das funcionalidades disponíveis, a avaliação foi realizada pelos próprios autores do texto.

Com o resultado da pontuação destes critérios fez-se uma comparação da pontuação total de cada Boneco Anatômico *Web* 3D, após a qual foram descritos quais obtiveram as maiores e menores pontuações. Além disto, foi feito um estudo de cada boneco, ressaltando em quais critérios cada um apresentou maior e menor pontuação. Foram também calculadas as pontuações médias e desvios padrão em cada critério com os dados de todos os Bonecos Anatômicos *Web* 3D para uma análise do quadro geral.

Para os critérios Realismo, Tridimensionalidade, Navegabilidade e Interatividade, que envolvem avaliação de usabilidade, mesmo atendendo as características de Objetividade,



Prévio à implantação e de Escala Padrão e Finita, foram comparados os resultados obtidos pelos autores com resultados de questionários. Este questionário será detalhado a seguir.

### 3.4 VERIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DOS BONECOS ANATÔMICOS WEB 3D

Segundo Barbosa e Da Silva (2010), os métodos de investigação envolvem o uso de questionários, a realização de entrevistas, grupos de foco e estudos de campo, entre outros. Esses métodos permitem ao avaliador ter acesso, interpretar e analisar concepções, opiniões, expectativas e comportamentos do usuário relacionados com sistemas interativos.

Por este motivo, para os critérios de avaliação de Bonecos Anatômicos *Web* 3D que envolvem usabilidade – Realismo, Tridimensionalidade, Navegabilidade e Interatividade – foi criado um questionário para avaliá-los.

Nesta pesquisa, foram convidados para fazer a avaliação dos bonecos cinco usuários com diferentes perfis que compreendiam desde estudantes de tecnologia com nível superior incompleto a profissionais da área da saúde e tecnologia com nível superior completo, de ambos os sexos. Nielsen (2000b) defende que cinco usuários é uma quantidade suficiente para se fazer uma avaliação de usabilidade.

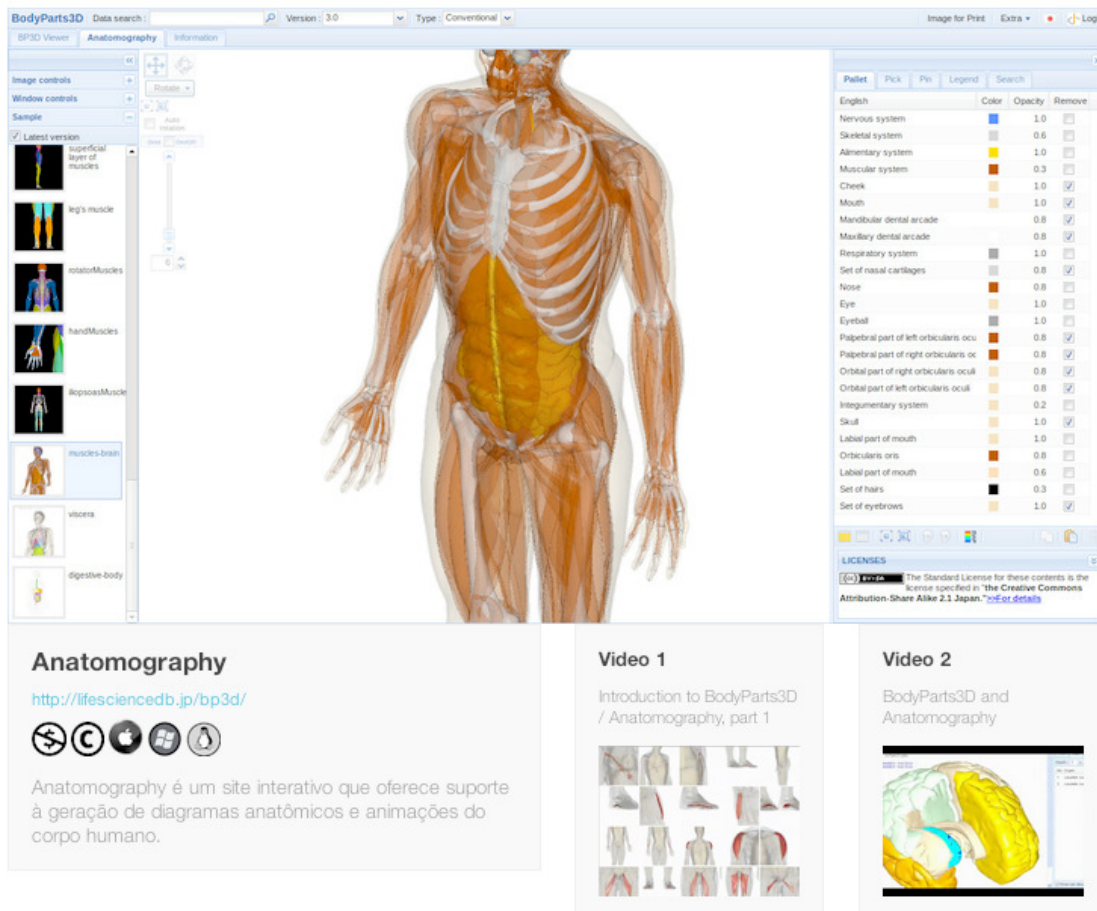
Todos os avaliadores, leram e assinaram o Termo de Consentimento, disponível no Apêndice 2, concordando em participarem da pesquisa. Neste termos, são estabelecidas as regras de privacidade, sigilo e uso das informações obtidas pelo questionário.

O questionário elaborado continha quatro perguntas conforme Apêndice 5. Cada uma das perguntas deste questionário equivale a avaliação por um dos critérios propostos da dimensão usabilidade. Para cada avaliador foram sorteados três bonecos para serem avaliados, totalizando 12 perguntas por avaliador.

Deste modo, cada um dos sete bonecos foram avaliados por avaliadores com o perfil de estudantes de tecnologia com nível superior incompleto e profissionais de saúde e tecnologia com nível superior completo, de ambos os sexos.

Foram sorteados três bonecos para serem avaliados por cada usuário. O entrevistado pode interromper o preenchimento do questionário a qualquer momento, sendo consideradas todas as respostas feitas até a desistência. Para a avaliação de cada boneco, é feita uma apresentação do mesmo conforme a figura 6:

## Anatomography




**Figura 6:** Apresentação de boneco anatômico para questionário

Observa-se na figura 6 a apresentação para a avaliação de cada boneco em que foram apresentados o endereço eletrônico onde este boneco está disponível, uma imagem do boneco, acompanhado de uma breve descrição, e vídeos demonstrando os bonecos em funcionamento.

Posteriormente, são apresentados as perguntas referentes os critérios Realismo, Tridimensionalidade, Navegabilidade e Interatividade conforme e as opções de pontuação descritas no tópico 3.3 – Definição dos Critérios de Seleção e Avaliação dos Repositórios Digitais Biomédicos, no tópico Definição de Critérios para Avaliação de Bonecos Anatômicos Web 3D. A figura 7, é um exemplo do questionário ao se pontuar o critério de Tridimensionalidade:

## Tridimensionalidade



A tridimensionalidade engloba a interação 3D, as técnicas para manipulação de objetos e manipulação de pontos de vista e controle de aplicação. Também chamada Interação 3D Adaptativa, ela busca entre outras vantagens acelerar a interação, diminuir a carga cognitiva e tornar a interação mais adaptativa. Tornando assim a computação mais ubíqua e com novas possibilidades de interação.

A Interface não permite movimentos de câmera.

A Interface permite movimentos de câmera de rotação ao redor do boneco anatômico.

A Interface permite movimentos de câmera de aproximação ou distanciamento do elemento anatômico selecionado ou do boneco.

A Interface permite movimentos de rotação no eixo X-Y e no eixo Y-Z em relação ao boneco ou ao elemento anatômico selecionado e movimentos nos planos X, Y e Z.

A Interface permite o usuário realizar cortes nos elementos nos ângulos dos eixos, podendo ter uma visão interna destes e navegar sobre o corte.

A Interface permite o usuário observar, navegar e cortar livremente tanto o elementos isolados quanto o boneco sem alguns elementos selecionados.

**Figura 7:** Apresentação de critério para avaliação no questionário

Deste modo, cada avaliador deve selecionar a pontuação que considere adequada a partir da descrição para cada boneco nos critérios de Realismo, Tridimensionalidade, Navegabilidade e Interatividade, conforme descrito no tópico anterior. A pontuação obtida com este questionário deve ser comparada com a pontuação prévia feita pelos autores. Desta forma, é possível tanto comparar se os critérios estão claros aos avaliadores quanto utilizar da pontuação obtida pelos questionários para a avaliação dos bonecos.

Após esta avaliação dos bonecos com estes usuários, foram analisadas as respostas obtidas pelos questionários e foram encontrados cerca de 85% de problemas de usabilidade dos bonecos avaliados (NIELSEN, 2000b). Ressalta-se, que este resultado é um bom ponto de equilíbrio na relação custo-benefício e serviu para direcionar na escolha do melhor boneco para a interface proposta nesta pesquisa.

### 3.5 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DA INTERFACE PARA REPOSITÓRIOS BIOMÉDICOS

A partir dos critérios de pontuação do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007), foram levantados os requisitos para a Interface com Boneco Anatômico *Web 3D*.

Estes requisitos foram organizados em uma numeração sequencial de Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não-Funcionais (RNF). Segundo Sommerville (2011), requisitos funcionais são declarações de serviços que o sistema deve fornecer, como o sistema deve reagir a entradas específicas e como o sistema deve se comportar em determinadas situações. Em alguns casos, os requisitos funcionais podem também declarar explicitamente o que o sistema não deve fazer. Requisitos Não-Funcionais são restrições sobre os serviços ou funções oferecidos pelo sistema. Incluem restrições de tempo, restrições sobre o processo de desenvolvimento e padrões. Os Requisitos Não-Funcionais são geralmente aplicáveis ao sistema como um todo sendo referentes a qualidade de uso.

Além disto, os requisitos foram organizados em uma árvore de dependência a partir dos requisitos iniciais. Os requisitos iniciais do sistema da Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* são fundamentados na hipótese deste trabalho. Assim, o primeiro Requisito Não-Funcional – RNF1, do qual todos os demais devem derivar, é: “Desenvolver uma Interface com Boneco Anatômico *Web 3D*, utilizando um Boneco Anatômico 3D que busque atender aos critérios do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007)”.

Para facilitar a leitura e compreensão, os requisitos criados a partir do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007) descrevem na coluna “critério de motivação”, qual dos critérios do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – qualidade do conteúdo, alinhamento com os objetivos, resposta e adaptação, motivação, projeto da apresentação, usabilidade, acessibilidade, reusabilidade e compatibilidade – motivou o requisito apresentado. Para os requisitos que não foram criados a partir deste instrumento, esta coluna informa qual foi a motivação para a presença deste requisito na Interface para Repositórios Digitais Biomédicos com Boneco Anatômico 3D proposta.

Desta forma, os requisitos do sistema proposto apresentam a seguinte estrutura:

- **Critério de Motivação:** Qual dos critérios do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007) ou da pesquisa motivou o requisito;
- **Requisito:** Identificador sequencial dos requisitos separados em Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não-Funcionais (RNF);
- **Descrição:** Um texto breve descrevendo as condições impostas pelo requisito;
- **Requisito de Origem:** Qual o requisito que motivou a criação deste requisito.

**Quadro 8** Requisitos da Interface Proposta

<b>Critério de Motivação</b>	<b>Requisito</b>	<b>Descrição</b>	<b>Requisito de Origem</b>
Hipótese do trabalho	RNF1	Propõe-se o desenvolvimento de um Interface com Boneco Anatômico <i>Web</i> 3D, utilizando uma interface anatômica 3D que venha a atender melhor os critérios do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007).	

**Quadro 8** Requisitos da Interface Proposta (continuação)

<b>Critério de Motivação</b>	<b>Requisito</b>	<b>Descrição</b>	<b>Requisito de Origem</b>
Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - <i>Learning Object Review Instrument</i> – LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF2	O sistema deve atender aos critérios mais exigentes de qualidade de conteúdo, alinhamento com os objetivos de aprendizagem, resposta e adaptação, motivação do usuário, projeto da apresentação, usabilidade da interação, acessibilidade, reusabilidade, compatibilidade com as normas conforme o descrito no LORI no ANEXO 1.	RNF1
Qualidade do conteúdo, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF3	O sistema deve apresentar conteúdo com veracidade, precisão, apresentação equilibrada de ideias e o nível apropriado de detalhes.	RNF2
Qualidade do conteúdo, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF1	Os conteúdos dos repositórios serão integrados, dispondo de todos os dados disponíveis, incluindo os sinais dos repositórios, quando esses estiverem acessíveis. Cada elemento deve informar de qual repositório é originário podendo o usuário filtrar e consultar elementos apenas de determinados repositórios.	RNF3
Qualidade do conteúdo, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF2	As informações devem ser organizadas por procedência, com um resumo inicial, demonstração das palavras-chave até a descrição total da publicação mais sinais, quando houver.	RNF3
Alinhamento com as objetivos de aprendizagem, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF4	Os elementos do sistema devem estar alinhados com as atividades, avaliações e características do aprendizado.	RNF2

**Quadro 8** Requisitos da Interface Proposta (continuação)

<b>Critério de Motivação</b>	<b>Requisito</b>	<b>Descrição</b>	<b>Requisito de Origem</b>
Alinhamento com as objetivos de aprendizagem, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF3	O sistema deve solicitar <i>feedbacks</i> dos usuários sobre o nível de profundidade do assunto e relevância.	RNF4
Resposta e adaptação, LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF5	O sistema deve prover uma resposta adaptada para diferentes tipos de usuários que façam uso de diferentes modelos de aprendizagem.	RNF2
Resposta e adaptação, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF4	O sistema deve avaliar o tipo de conteúdo costumeiramente buscado pelo usuário e prover maior prioridade para tais.	RNF5
Motivação do usuário, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF6	O sistema deve ser capaz de motivar e interessar os usuários público-alvo.	RNF2
Motivação do usuário, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF5	O usuário pode navegar nos elementos via uma interface gráfica anatômica 3D. O sistema deve fazer a relação entre o elemento e a interface gráfica anatômica sempre que possível.	RNF6
Motivação do usuário, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF6	Informar elementos similares.	RNF6
Projeto da apresentação, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF7	O sistema deve integrar textos, vídeos, gráficos e mídia de áudio de uma forma adequada para o conteúdo e coerente com a pesquisa.	RNF2

**Quadro 8** Requisitos da Interface Proposta (continuação)

<b>Critério de Motivação</b>	<b>Requisito</b>	<b>Descrição</b>	<b>Requisito de Origem</b>
Projeto da apresentação, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF7	O sistema deve poder ser utilizado apenas pela interface de texto.	RNF7
Projeto da apresentação, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF8	O sistema deve fazer uso dos recursos gráficos avançados quando disponíveis.	RNF7
Usabilidade da interação, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF8	O sistema deve prover navegação facilitada, interface previsível e de qualidade, com funcionalidades de ajuda.	RNF2
Usabilidade da interação, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF9	Prover telas de ajuda e exemplos de uso.	RNF8
Usabilidade de interação, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF9	Prover funcionalidades de auto completar e sugestão no preenchimento.	RNF8
Usabilidade de interação, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF10	O sistema deve ter design responsivo.	RNF8
Acessibilidade, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF11	O sistema deve atender adequadamente a aprendizes com deficiências físicas ou motoras	RNF2

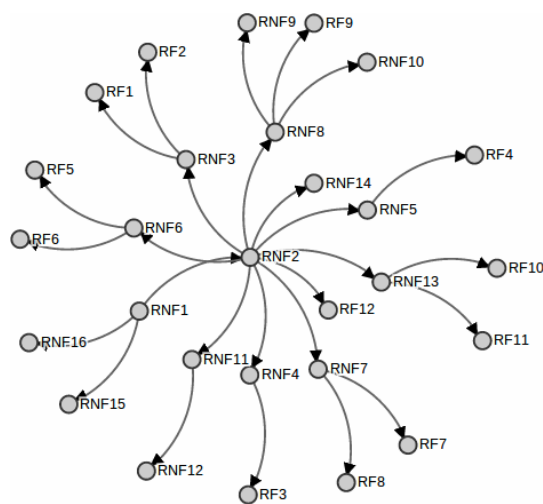


**Quadro 8** Requisitos da Interface Proposta (continuação)

<b>Critério de Motivação</b>	<b>Requisito</b>	<b>Descrição</b>	<b>Requisito de Origem</b>
Acessibilidade, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF12	Seguir as métricas de acessibilidade conforme W3C.	RNF11
Reusabilidade, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF13	O sistema deve se adequar para ser utilizado em variados contextos por usuários de diferentes antecedentes	RNF2
Reusabilidade, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF10	O sistema deve prover elementos de conteúdo similar, seja pela análise de similaridade automática de palavras-chave quanto pela análise do <i>feedback</i> dos usuários.	RNF13
Reusabilidade, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RF11	Para usuários autenticados, o sistema deve priorizar conteúdos considerados adequados a ele, conforme análise dos <i>feedbacks</i> por ele informados.	RNF13
Compatibilidade com as normas, conforme LORI de Leacock e Nesbit (2007)	RNF14	O sistema deve estar em conformidade com os padrões e especificações internacionais.	RNF2
Hipótese do Trabalho consiste numa Interface <i>Web</i>	RNF15	O sistema deve ser <i>Web</i> , fazendo uso do HTML5 e Javascript quando necessário.	RNF1
Hipótese do Trabalho consiste na Interoperabilidade por <i>Web Services</i>	RNF16	Os repositórios serão acessados pelos <i>Web Services</i> disponíveis via REST, SOAP ou SPARQL	RNF1

Conforme pode ser visto no quadro 8, os critérios de qualidade de um objeto de aprendizagem foram transformados em requisitos não-funcionais e a partir deste requisitos funcionais e não-funcionais foram especificados.

Esses requisitos não descrevem os detalhes técnicos das decisões de desenvolvimento mas focam na expectativa do usuário ao interagir com a ferramenta. Eles auxiliam na compreender da motivação de cada um dos requisitos a partir da proposta inicial. Essa relação de dependência dos requisitos pode ser mais facilmente observada na figura 8:



**Figura 8:** Grafo de dependência dos requisitos

### 3.6 SOLUÇÃO PROPOSTA PARA COMUNICAÇÃO ENTRE REPOSITÓRIOS BIOMÉDICOS E USUÁRIOS

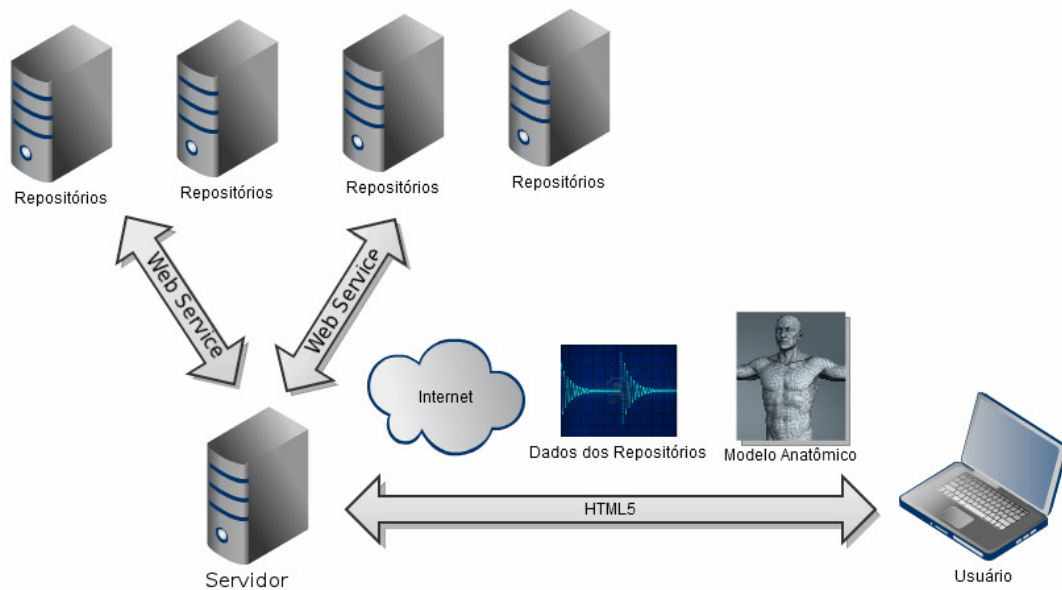
A presente proposta defende a criação de uma Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D entre vários repositórios com o foco nos objetos de aprendizagem que seja capaz de prover um meio mais adequado para o acesso aos dados destes repositórios enquanto provedores de objetos de aprendizagem. Essa interface deve, buscando atender as recomendações do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - LORI, viabilizar

uma maneira facilitada de que o usuário possa consultar, configurar, solicitar, publicar, navegar, coletar, monitorar e compartilhar o conteúdo encontrado nos repositórios.

O sistema deve, conforme o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007), ser capaz de prover informação com qualidade de conteúdo, alinhar-se com os objetivos do usuário, adaptar-se ao usuário, motivar o usuário, apresentar um projeto de apresentação com textos, vídeos, gráficos ou mídia de áudio de forma adequada para o conteúdo e coerente com a pesquisa e apresentar reusabilidade aos conteúdos, com alto grau de acessibilidade e usabilidade.

A partir destes requisitos, foi feita a modelagem do sistema e o seu desenvolvimento. As decisões técnicas e tecnológicas para tal estão descritas nos resultados. Os atores do sistema são todos os usuários que desejem localizar publicações acadêmicas ou sinais disponíveis em repositórios com *Web Services*.

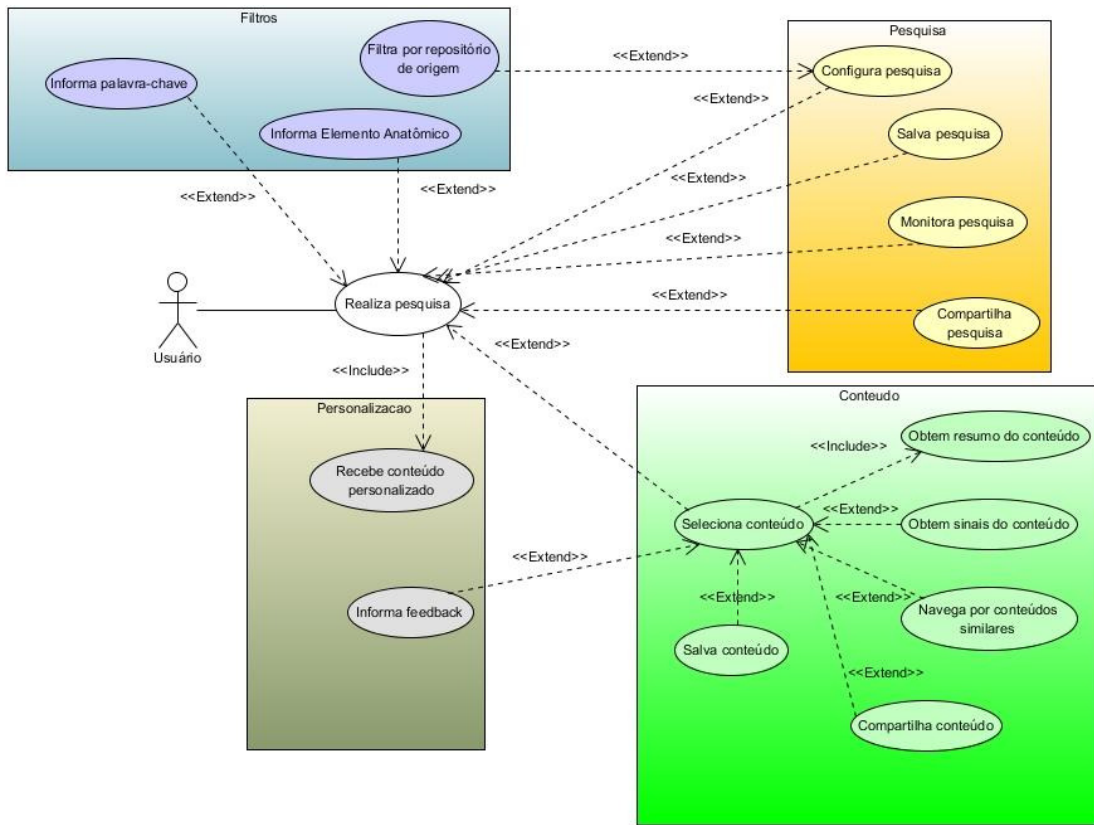
Logo, a Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D proposta consiste numa ferramenta *Web* utilizando dos recursos do HTML5 que faça acesso via SPARQL, REST ou SOAP aos repositórios biomédicos que implementam algum desses protocolos. A interface gráfica dessa solução utiliza-se de um Boneco Anatômico *Web* 3D além das buscas textuais padrões. A figura 9 esquematiza essa comunicação entre usuário, interface e repositórios.



**Figura 9:** Fluxo de Comunicação entre repositórios, servidor e usuário

Como é descrito na figura 9, ao utilizar a Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D, o usuário poderá acessar dados de vários repositórios ao mesmo tempo de modo transparente. A aplicação deve informar o repositório de origem visando a garantir a procedência da informação. O sistema deve utilizar da comunicação *Web* com HTML5 para prover sua interface interativa. Mais detalhes do processo deste fluxo são descritos no Apêndice 1.

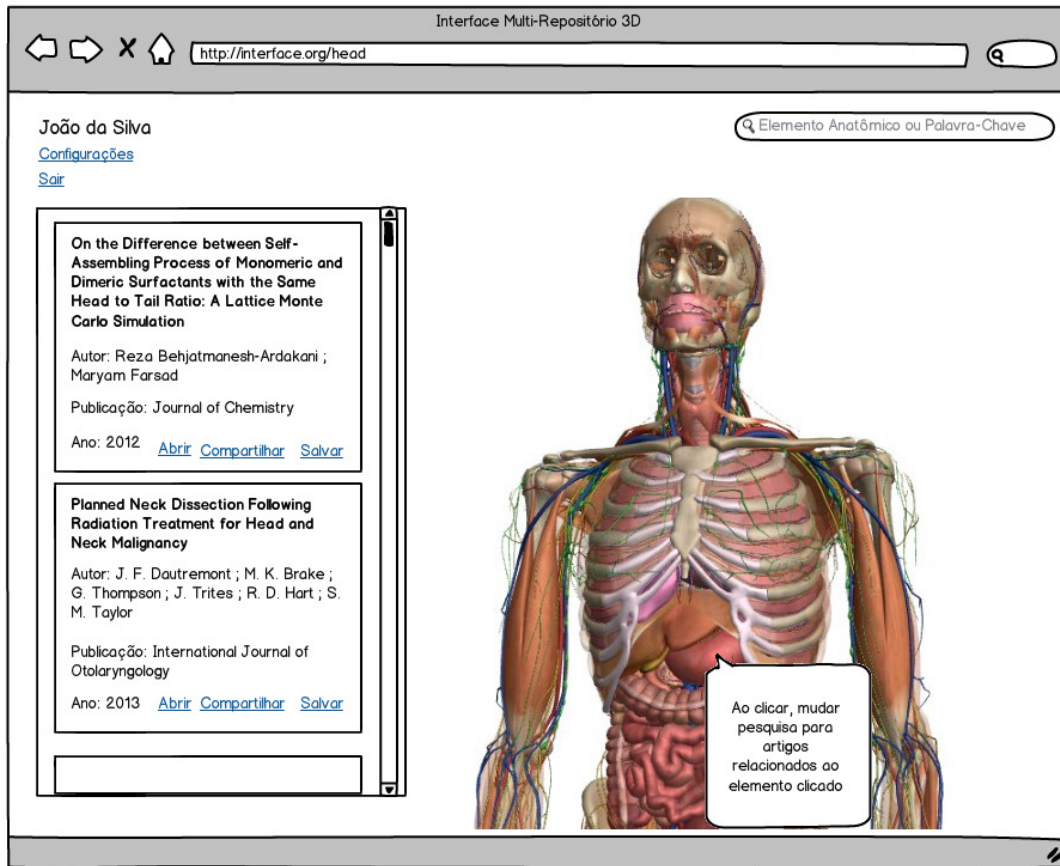
Optou-se pelo desenvolvimento da Interface para Repositórios Digitais Biomédicos com Boneco Anatômico 3D com Javascript, HTML e PHP como linguagem no servidor. Essas ferramentas são gratuitas, código-aberto, com uma ampla comunidade. As interações do usuário foram organizadas conforme a figura 10.



**Figura 10:** Caso de Uso do Sistema da Interface 3D para Repositórios

Conforme descrito na figura 10, o módulo de Filtro é o responsável pela realização da pesquisa conforme as palavras-chave e elementos anatômicos selecionados. Essa pesquisa pode ser salva, monitorada e compartilhada pelo módulo de Pesquisa. Caso algum conteúdo resultado da pesquisa seja de interesse do usuário, este poderá obter o resumo, navegar por conteúdos similares, salvar e compartilhar o conteúdo além de obter os sinais deste. No módulo de personalização o sistema recebe os feedbacks do usuário e reordena os resultados das pesquisas a partir dessa informação.

A interação do usuário pode ser tanto via interface gráfica 3D quanto via buscas por palavra-chave nas publicações acadêmicas ou elementos de ontologias utilizadas nos repositórios. Todos esses tipos de entrada são aceitos no campo de pesquisa. A figura 11 mostra um protótipo desta tela.



**Figura 11:** Protótipo da Interface 3D para Repositórios

Finalmente, a Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D deve ser avaliada pelo Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007), e os resultados desta comparados aos resultados dos repositórios. Tendo em vista que, para o desenvolvimento desta Interface, modificações foram realizadas no Boneco Anatômico *Web* 3D selecionado, a Interface foi também comparada com os demais Bonecos Anatômicos *Web* 3D, segundo os critérios propostos para este propósito.

### 3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo descreveu a metodologia, as delimitações e restrições deste estudo. Foram também definidos os critérios de busca e coleta de dados onde foram descritos os critérios de busca e seleção e avaliação de Bonecos Anatômicos *Web* 3D e Repositórios Digitais

Biomédicos. Além disto, foram definidos oito critérios propostos de avaliação de Bonecos Anatômicos *Web 3D*. Alguns destes critérios fazem uso de questionário para validação de usabilidade. Este questionário também foi detalhado, assim como o perfil dos avaliadores e como o resultado deve ser avaliado.

Posteriormente, foram descritos os passos do desenvolvimento da Interface com Boneco Anatômico *Web 3D*, seus requisitos e validação da mesma frente à situação atual dos repositórios segundo o critério de objetos de aprendizagem utilizando o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - LORI de Leacock e Nesbit (2007). Além disto, foram descritos os métodos e validação do resultado.





## 4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa conforme a metodologia e se estes conseguiram atender aos objetivos esperados. Estes resultados estão organizados do seguinte modo:

Inicialmente é feita a avaliação dos repositórios pelo Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007), onde se descreve o resultado da avaliação dos repositórios conforme os requisitos levantados a partir das funcionalidades descritas no LORI. Logo após, são apresentados os resultados obtidos com a avaliação dos bonecos selecionados segundo os critérios definidos.

No tópico seguinte, é descrita a Interface com Boneco Anatômico *Web 3D*, detalhando-se o resultado do desenvolvimento desta. Em sequência, é apresentada a avaliação da Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* desenvolvida e comparada com os resultados dos repositórios e dos bonecos anatômicos.

Finalmente, são resumidas na conclusão as informações mais significativas dos resultados.

### 4.1 AVALIAÇÃO DOS REPOSITÓRIOS

Utilizando os critérios do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* – LORI (LEACOCK E NESBIT, 2007), foram avaliados os seguintes Repositórios Digitais Biomédicos:

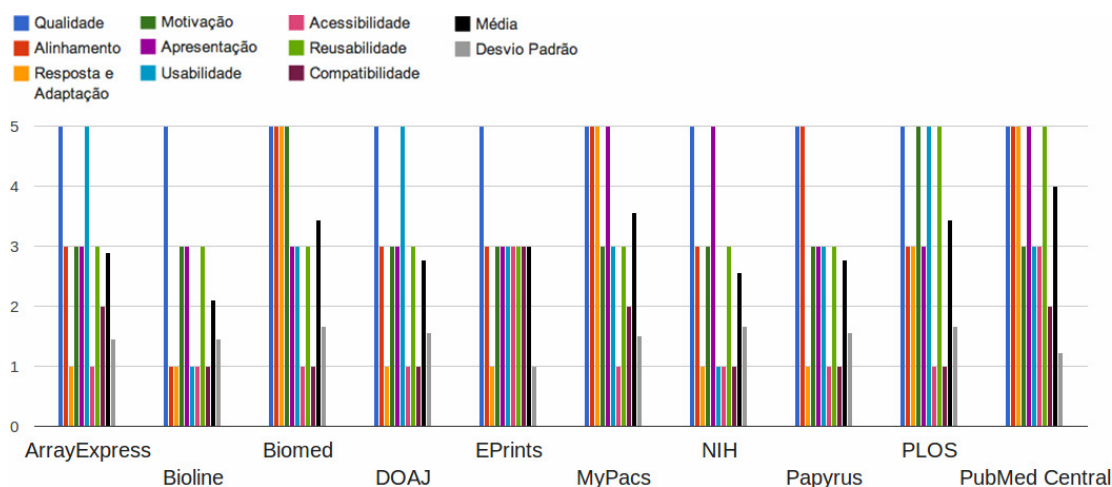
1. Banco de Dados de Microdados *ArrayExpress* (*ArrayExpress*, 2003), desenvolvido pelo Instituto Europeu de Bioinformática para experimentos genômicos funcionais que podem ser consultados e transferidos. Os dados nele armazenados são de Acesso Livre;
2. *Bioline International* (BIOLINE, 1993), um editorial cooperativo acadêmico sem fins lucrativos comprometido em fornecer Acesso Livre à revistas científicas de qualidade publicados em países em desenvolvimento;

3. *BioMed Central* (BIOMED, 2000), uma editora de Ciência, Tecnologia e Medicina de 256 periódicos com revisão por pares de Acesso Livre;
4. Diretório de Periódicos de Acesso Livre - *Directory of Open Access Journals* (DOAJ), um repositório com objetivo de aumentar a visibilidade e a facilidade de uso à revistas científicas e acadêmicas de Acesso Livre, promovendo, assim, a sua maior utilização e impacto;
5. EPrints (EPRINTS, 2000), utilizado pela *University Southampton* e pela *University Quebec Montreal* para disponibilizar os resultados de pesquisas das faculdades com Acesso Livre, não sendo exclusivo para conteúdos biomédicos;
6. *MyPacs* (WEINBERGER, 2002), um repositório digital biomédico que permite que radiologistas disponibilizem documentos radiológicos bem detalhados de acesso públicos ou privados para ensino *on-line*;
7. Instituto de Saúde Nacional dos Estados Unidos da América - *National Institute of Health* – NIH (NIH, 2006), do Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA;
8. *Papyrus* da Universidade de Montreal (PAPYRUS, 2006), onde são disponibilizados resultados de pesquisas da faculdade, materiais dos funcionários, teses e dissertações de alunos, não sendo exclusivo para conteúdos biomédicos. A licença das publicações é definida para cada documento de acordo com a política da universidade;
9. Livraria Pública da Ciência - *Public Library of Science* – PLOS (PLOS, 2000), uma editora sem fins lucrativos e organização de advocacia cuja missão é acelerar o progresso da ciência e da medicina, levando uma transformação na comunicação de pesquisas. Cada artigo publicado é de Acesso Livre - disponível gratuitamente *on-line*;

10. *PubMed Central* (PMC), um repositório gratuito de publicações de periódicos biomédicos e de ciências biológicas da Livraria Nacional de Medicina do Instituto de Saúde Nacional dos Estados Unidos da América – *U.S. National Institute of Health's National Library of Medicine* – (NIH/NLM);

Esses repositórios foram melhor detalhados no tópico 2.2 Repositórios Digitais da Metodologia.

Eles foram avaliados pelos critérios do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* - LORI proposto por Leacock e Nesbit (2007), que são detalhados no ANEXO 1. Com os resultados obtidos, pode-se observar quais são os pontos de maior e menor pontuação nos repositórios atuais, tanto individualmente quanto como grupo. A figura 12 apresenta um comparativo da pontuação dos repositórios digitais biomédicos em cada critério e na média.



**Figura 12:** Gráfico com a avaliação de Repositórios Biomédicos Segundo o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI (LEACOCK E NESBIT, 2007)

Conforme ilustrado na figura 12, o repositório *PubMed Central* obteve a maior pontuação média, 4,00 pontos médios, 36 pontos totais ou 80,00%. Em sequência temos o *MyPacs*, com 3,56 pontos médios, 32 pontos totais ou 71,11%. O *Bioline International* obteve a menor pontuação média com 2,11 pontos médios, 19 pontos totais ou 42,22%. Mais detalhes da pontuação dos repositórios pode ser visto na tabela 2.

**Tabela 2:** Pontuação dos Repositórios

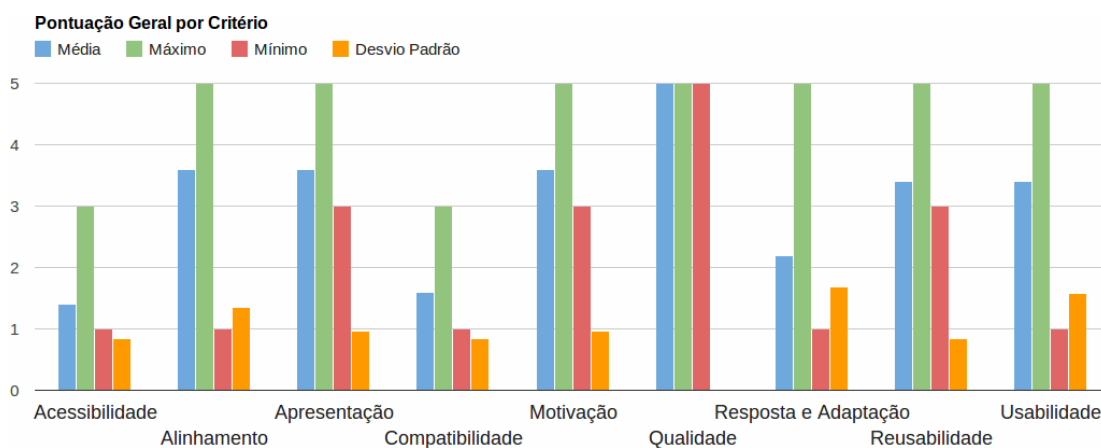
Repositórios	Qualidade	Alinhamento	Resposta e Adaptação	Motivação	Apresentação	Usabilidade	Acessibilidade	Reusabilidade	Compatibilidade	Média	Desvio Padrão
ArrayExpress	5	3	1	3	3	5	1	3	2	2,89	1,45
Bioline	5	1	1	3	3	1	1	3	1	2,11	1,45
Biomed	5	5	5	5	3	3	1	3	1	3,44	1,67
DOAJ	5	3	1	3	3	5	1	3	1	2,78	1,56
Eprints	5	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1
MyPacs	5	5	5	3	5	3	1	3	2	3,56	1,51
NIH	5	3	1	3	5	1	1	3	1	2,56	1,67
Papyrus	5	5	1	3	3	3	1	3	1	2,78	1,56
PLOS	5	3	3	5	3	5	1	5	1	3,44	1,67
PubMed Central	5	5	5	3	5	3	3	5	2	4	1,22

Conforme pode ser visto na tabela 2, o *PubMed Central* – PMC (PMC, 2000) obteve pontuação máxima 5 ou 100% nos critérios de qualidade, alinhamento, resposta e adaptação, apresentação e reusabilidade. Obteve pontuação 3 ou 60% nos critérios de motivação, usabilidade e acessibilidade. No critério de compatibilidade obteve pontuação 2 ou 40%. Obteve deste modo, 36 pontos totais, 4 pontos médios ou 80%, sendo ele o boneco anatômico de melhor pontuação média.

O repositório *Bioline International* (BIOLINE, 1993) obteve pontuação máxima 5 ou 100% no critério de qualidade. Obteve pontuação mínima 1 ou 20% nos critérios de alinhamento, resposta e adaptação, usabilidade, acessibilidade e compatibilidade. Nos demais critérios motivação, apresentação e reusabilidade, ele obteve pontuação 3 ou 60%.

No quadro geral, obteve uma pontuação total de 19 pontos totais, 2,11 pontos médios ou 42,22%, sendo ele o boneco anatômico de menor pontuação média.

Para auxiliar numa percepção geral, foram avaliadas, as pontuações médias, máximas e mínimas dos critérios. Para tal propósito, foi criado na figura 13 um gráfico comparativo das pontuações médias, máximas e mínimas de cada critério do LORI a partir dos dados de todos os repositórios digitais avaliados.

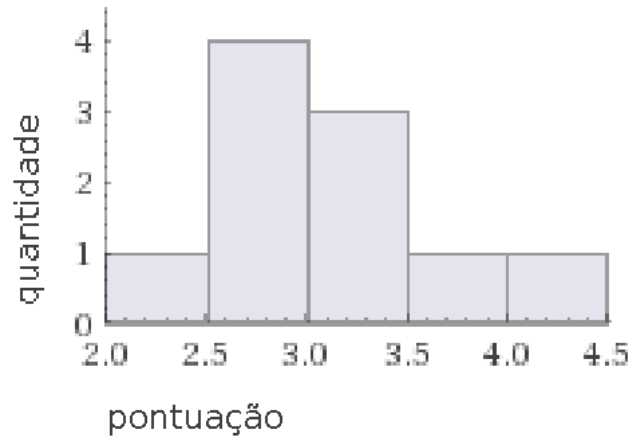


**Figura 13:** Gráfico de Avaliação dos Repositórios Biomédicos por critério do LORI de Leacock e Nesbit (2007)

Conforme pode ser visto na figura 13, a maior limitação observada entre os critérios observados foi na Acessibilidade, com pontuação média de 1,4 ou 28% com desvio padrão de 0,84 pontos. No critério da qualidade, foram obtidos os melhores resultados, com a média 5 pontos ou 100% e desvio padrão 0. O critério de Resposta e Adaptação é o que sofre a maior variação, com desvio padrão de 1,90.

Assim, com o desenvolvimento de uma interface *web* através de um boneco anatômico 3D pode-se obter um ganho, em especial nos critérios de acessibilidade, com a utilização de um boneco que respeite as regras de acessibilidade da *Web*, apresentação, integrando texto, vídeo e imagens, de modo a criar um ambiente imersivo, usabilidade, tornando a navegação mais intuitiva, previsível e ágil, e compatibilidade, sendo uma interface que atende as normas da W3C.

Ao se observar a distribuição das pontuações dos repositórios, se avaliou se esta poderia ter um comportamento próximo a uma curva normal. O gráfico da figura 14 é um histograma da pontuação dos repositórios.



**Figura 14:** Histograma da Pontuação dos Repositórios

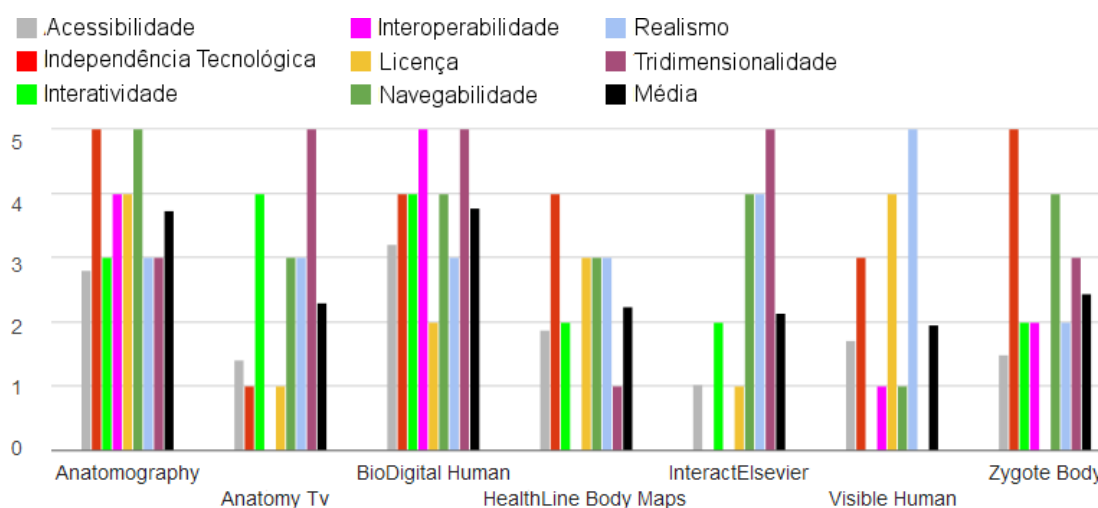
Conforme pode ser visto na figura 14, existe uma similaridade com a distribuição com uma curva normal. O Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk, foi então realizado e, conforme o resultado obtido, a hipótese de não ser uma curva normal foi descartada com um limiar de confiabilidade de 0,01. Confirmando-se deste modo a similaridade desta distribuição com uma curva normal, adotou-se que ela se comporta conforme a curva normal de média 3,056 e desvio padrão 0,55. Essa curva apresenta intervalo de confiança de 90% para valores de 2,77 até 3,34 e de 95% para valores de 2,71 até 3,40.

#### 4.2 AVALIAÇÃO DE BONECOS ANATÔMICOS

Utilizando os critérios definidos na metodologia, foram avaliados pelos autores os seguintes sete bonecos anatômicos *Web* citados anteriormente: *Anatomography*, *Anatomy Tv*, *BioDigital Human*, *HealthLine Body Maps*, *InteractElsevier*, *Visible Human* e *Zygot Body*. Nos critérios que envolvem usabilidade, foi também aplicado um questionário com estudantes de tecnologia e profissionais de saúde e tecnologia.

Foram comparadas, as pontuações dos repositórios em cada critério e na soma de todos estes. Deste modo, pode-se fazer um comparativo por média e desvio padrão por critério e pela pontuação total, ressaltando-se os aspectos mais significativos. Para uma visão de quais são os critérios que estão tendo maior ou menor pontuação no quadro geral, foi feita uma avaliação da pontuação média em cada critério.

Com os resultados obtidos, pode-se observar quais são os pontos de maior e menor pontuação entre os Bonecos Anatômicos *Web* 3D selecionados, tanto individualmente quanto como grupo. A figura 15 apresenta um gráfico comparativo da pontuação dos bonecos em cada critério e na média.



**Figura 15:** Gráfico com a pontuação dos bonecos por critério

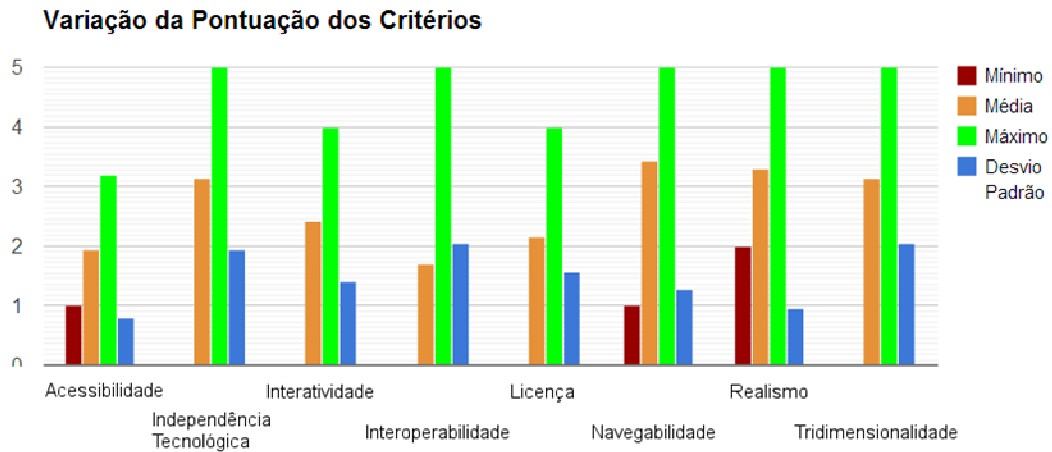
Conforme pode ser visto na figura 15, o boneco anatômico *BioDigital Human* foi o que obteve a maior pontuação média, 3,78 pontos médios, 30,2 pontos totais ou 75,50%. Em sequência temos o *Anatomography*, com 3,73 pontos médios, 29,81 pontos totais ou 74,53%. O *Visible Human* obteve a menor pontuação com 1,97 pontos médios, 15,72 pontos totais ou 39,30%. A pontuação de cada boneco anatômico em cada critério está disponível na tabela 3.

**Tabela 3:** Pontuação dos Bonecos Anatômicos

Bonecos Anatômicos	Acessibilidade	Independência Tecnológica	Interatividade	Interoperabilidade	Licença	Navegabilidade	Realismo	Tridimensionalidade	Média	Desvio Padrão
Anatomography	2,81	5	3	4	4	5	3	3	3,73	0,91
Anatomy Tv	1,42	1	4	0	1	3	3	5	2,30	1,72
BioDigital Human	3,2	4	4	5	2	4	3	5	3,78	1,02
HealthLine Body	1,87	4	2	0	3	3	3	1	2,23	1,29
InteractElsevier	1,02	0	2	0	1	4	4	5	2,13	1,96
Visible Human	1,72	3	0	1	4	1	5	0	1,97	1,85
Zygote Body	1,5	5	2	2	0	4	2	3	2,44	1,55

Para auxiliar numa visão mais geral de como os critérios estão sendo atendidos pelos Bonecos Anatômicos *Web 3D*, foram calculadas as pontuações máximas, mínimas e médias para cada um dos critérios avaliados com todos os bonecos avaliados. A figura 16 apresenta um gráfico comparativo das pontuações médias, máximas e mínimas e o desvio padrão de cada critério.





**Figura 16:** Gráfico de pontuação por critério dos bonecos

Conforme pode ser visto na figura 16, a maior limitação observada entre os critérios observados foi na interoperabilidade, com pontuação média de 1,71 pontos, 34,20% e desvio padrão de 2,06 pontos. No critério da navegabilidade, foram obtidos os melhores resultados, com a média 3,43 pontos ou 68,60% e desvio padrão de 1,27 pontos. A Interoperabilidade é o critério que sofre a maior variação com desvio padrão de 2,06 pontos. Os critérios da Tridimensionalidade e da Independência Tecnológica também apresentaram uma alta variação, com desvio padrão de 2,04 e 1,95 respectivamente.

Os bonecos apresentaram uma baixa pontuação no critérios da acessibilidade. O melhor resultado foi o *Anatomography* com 2,81 pontos ou 56,2%. No critério da Interatividade, e Navegabilidade, os melhores resultados foram 4 pontos ou 80%. No critério da Independência Tecnológica, Tridimensionalidade, Realismo e Navegabilidade e Licença de *Software*, os melhores resultados são 5 pontos ou 100%.

Cabe lembrar que, conforme melhor detalhado por Mata, Sales e Andrade (2013b), a pontuação da Acessibilidade foi baseada nos critérios de pontuação da WCAG 2.0 mas não foi calculada como a mesma. Se avaliados segundo as regras da WCAG 2.0, todos os bonecos ficam sem pontuação por estarem abaixo do nível mínimo de conformidade.

No cálculo da WCAG 2.0 a falta de um elemento de nível A leva a pontuação de qualquer sistema *Web* para o nível mínimo de conformidade, equivalente à pontuação 0.

No cálculo utilizado, cada regra atendida acresce proporcionalmente a pontuação. Como todos os bonecos apresentaram inconformidade com alguma regra de nível A, ao serem avaliados segundo os critérios do WCAG 2.0, todos os bonecos recebem pontuação mínima de conformidade. Logo, segundo a WCAG 2,0, todos têm pontuação 0 (MATA, SALES e ANDRADE, 2013b)

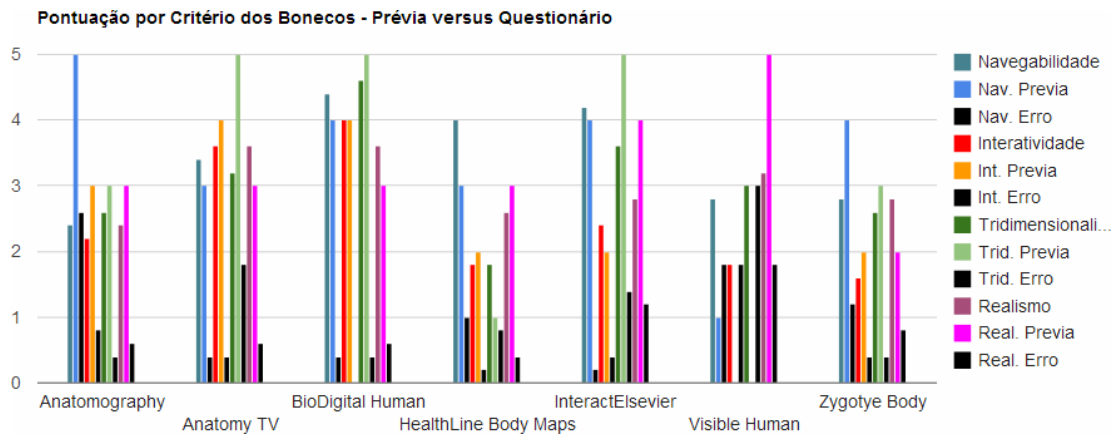
A pontuação média dos bonecos e a pontuação dos bonecos em cada critério também podem ser representados por uma curva normal, pelo Teste de Normalidade de Shapiro–Wilk. Deste modo, as curvas normais que representam a pontuação média e a pontuação em cada critério se comportam conforme detalhado na tabela 4.

**Tabela 4:** Variáveis da Distribuição Normal na Pontuação dos Bonecos Anatômicos Web 3D

Critério	Média – $\mu$	Desvio Padrão - $\sigma$	Teste Estatístico – W
Acessibilidade	1,93	0,79	0,91
Independência Tecnológica	3,14	1,95	0,87
Interatividade	2,43	1,40	0,90
Interoperabilidade	1,71	2,06	0,84
Licença	2,14	1,57	0,91
Navegabilidade	3,43	1,27	0,89
Realismo	3,29	0,95	0,87
Tridimensionalidade	3,14	2,04	0,85
Pontuação Média	2,75	0,77	0,77

Para os critérios Realismo, Tridimensionalidade, Navegabilidade e Interatividade, que estão associados à usabilidade, foi também aplicado um questionário, conforme descrito na metodologia no tópico 3.5 – Descrição do Questionário de Avaliação da Usabilidade dos Bonecos Anatômicos *Web* 3D. Este questionário foi aplicado em 27 avaliadores de Brasília, entre os meses de março a maio de 2013. O questionário foi aplicado em

avaliadores até que todos os bonecos tivessem 5 avaliações realizadas por diferentes avaliadores. O resultado desse questionário é descrito na figura 17:



**Figura 17:** Gráfico de comparação da avaliação dos autores com o resultado do questionário

Conforme pode ser visto na figura 17, apesar de haver uma variação entre as avaliações dos usuários, essa avaliação tende na média a ser bem próxima a pontuação prévia dada pelos autores, com 0,92 pontos de erro médio. Caso seja considerada a média dos questionários em substituição à avaliação feita pelo autores, mantêm-se os bonecos melhores pontuados *BioDigital Human* e *Anatomography* com pontuação percentual de 77,00% e 63,53% respectivamente. Nesse cenário, o boneco de menor pontuação torna-se o *InteractElsevier* com 37,55%. Se comparada a pontuação total feita pelos autores versus a pontuação total utilizando os dados do questionário, a variação das pontuações é em média 5,50% ou 2,2 pontos com desvio padrão de 4,23% ou 1,69 pontos.

Na comparação do questionário com a avaliação prévia dos autores, os itens que apresentaram maior variação foram a Tridimensionalidade do *Visible Human* com 3 pontos de erro e a Navegabilidade do *Anatomography* com 2,6 pontos de erro. Alguns usuários avaliaram não existir determinados recursos nos bonecos por não terem conseguido localizá-los com facilidade. A não-disponibilidade do boneco no idioma do usuário e a falta de tutoriais podem ser fatores que influenciaram nesse resultado. Recomenda-se então, o acréscimo desses dois elementos como novos critérios a serem adicionados a esta avaliação, sendo necessária a criação dos requisitos para a pontuação em cada um destes.

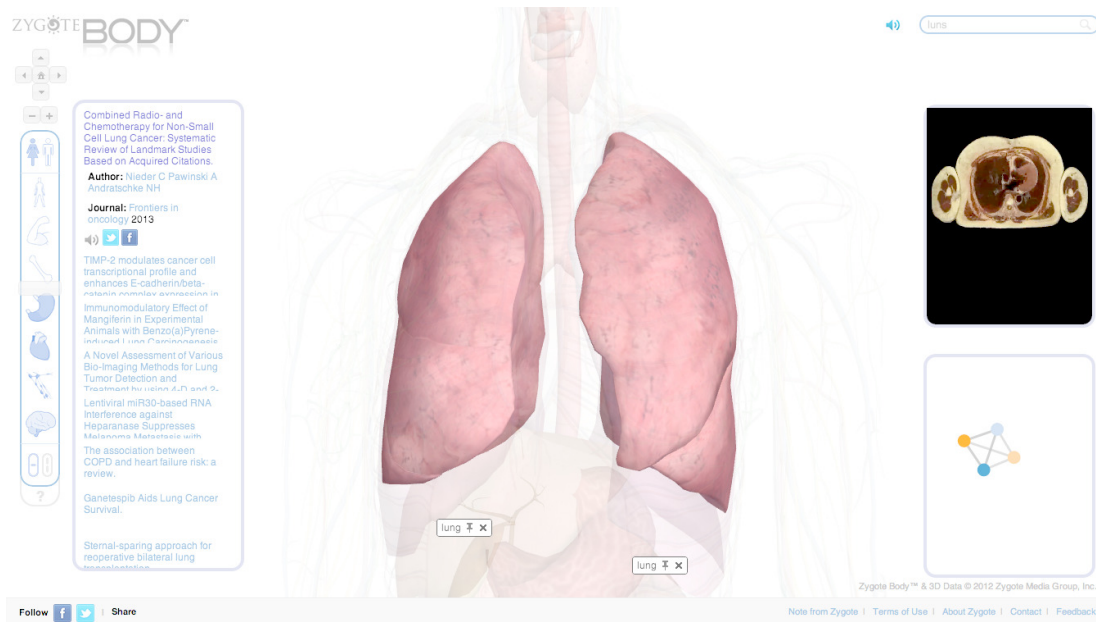
Nos itens que sofreram maior variação entre as avaliações dos usuários, pode ser necessária uma revisão no texto de modo que garanta uma mesma interpretação.

#### 4.3 INTERFACE PARA REPOSITÓRIOS DIGITAIS BIOMÉDICO COM BONECO ANATÔMICO 3D

A partir dos requisitos levantados na metodologia, foi desenvolvida a Interface para Repositórios Digitais Biomédicos com Boneco Anatômico 3D. Inicialmente, optou-se por realizar a integração com o boneco melhor pontuado, o *BioDigital Human*. Mas, a API do *BioDigital Human* ainda é restrita para empresas parceiras, não sendo disponível para este projeto. O boneco *Anatomography* é uma ferramenta que apresenta uma API pública para se carregar os elementos buscados, mas essa API não permite a navegação no grafo de elementos e nem a interação 3D com os elementos selecionados. O *HealthLine Body Maps* apresenta uma alta restrição na tridimensionalidade e nenhuma Interoperabilidade.

Tendo em vista a falta de um Boneco Anatômico *Web* que apresente uma API pública que atenda às necessidades da Interface para Repositórios Digitais Biomédicos com Boneco Anatômico 3D, optou-se pela criação da Interface a partir de uma cópia feita do Boneco Anatômico *Zygote Body*. Apesar de não apresentar uma API, como este boneco é feito em HTML e Javascript, todo o código-fonte pode ser adaptado em uma versão para atender às necessidades da Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D para Repositórios Biomédicos, se conseguindo um resultado de mais qualidade do que o disponível nas APIs encontradas.

A interface desenvolvida serve então como mecanismo de entrada para a consulta dos repositórios. Além disto, ela também provê mais funcionalidades de navegação, acessibilidade, realismo, usabilidade e interatividade, conforme descrito a seguir. A figura 18 é uma imagem da tela da interface web para repositórios com boneco 3D desenvolvida a partir do boneco *Zygote Body*.



**Figura 18:** Tela da Interface 3D para Repositórios Pesquisando por Pulmões

A cada elemento selecionado no boneco anatômico, é feita uma consulta aos repositórios e as publicações acadêmicas mais significativas são então apresentadas na listagem à esquerda. Nessa listagem são apresentadas algumas informações básicas do artigo, como o título e autores que se clicados, levam à página da publicação do repositório de origem. Para evitar demandas repetidas, o resultado dessas buscas são armazenados no servidor da aplicação durante um período configurável. Muitos repositórios restringem a quantidade de registros obtidos por servidor cliente e a quantidade de consultas por dia. Esses arquivos devem então ser mantidos por mais tempo conforme as regras dos servidores forem mais severas. A figura 19 resalta os elementos relacionados à busca aos repositórios.



**Figura 19:** Detalhe da Publicação Expandida

Conforme pode ser visto nas figuras 18 e 19, as publicações acadêmicas são mantidas num modo mais resumido inicialmente, viabilizando que mais publicações acadêmicas sejam vistas ao mesmo tempo. Quando o cursor fica sobre alguma das publicações acadêmicas, ela se expande para a descrição total.

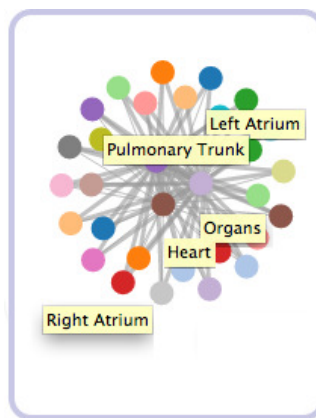
É também apresentada a opção de compartilhar publicação nas redes sociais. As interações do usuário com o sistema podem ser obtidas conforme a API de cada rede social. Essas informações podem auxiliar na personalização do resultado das pesquisas para o usuário. A personalização da interação do usuário com a aplicação, utilizando o histórico de interações, apesar de ser uma prática recomendada neste trabalho, não foi realizado nesta aplicação, ficando como uma recomendação aos trabalhos futuros.

Focando na acessibilidade e em prover novos recursos de interatividade, desenvolveu-se a funcionalidade de ouvir-se o *Abstract* por meio de um sintetizador *Web*. Conforme as recomendações de acessibilidade, essa leitura é acompanhada por legendas sincronizadas e existe um botão para interromper os sons e impedir ocorrências futuras, e ao repetir-se o clique no botão de som tem-se a ação de pausar ou retomar a narrativa.

Para viabilizar que o sintetizador do Google fosse utilizado, cada *Abstract* é segmentado em vários pequenos trechos. Esses trechos, são preferencialmente frases, mas podem ser orações ou até apenas uma palavra. Essas adequações são feitas visando atender

as restrições do sintetizador em questão. Os arquivos gerados são armazenados no servidor da aplicação para evitar demandas repetidas no servidor do sintetizador. A aplicação faz com que a sequência de trechos seja realizada de modo transparente ao usuário.

Para auxiliar na navegação por elementos próximos, pais e filhos, foi inserido um grafo com nós representando tais elementos. Esses nós são descritos no passar do cursor e, no clique, passam a ser o elemento selecionado. A relação entre os elementos anatômicos é consultada a partir de informações que vêm do boneco *Zygote Body*. É possível utilizar-se dos dados do *BioPortal* para obter uma lista mais completa. A figura 20 é um exemplo do grafo gerado quando o elemento “Coração” – “*Heart*” é o selecionado.

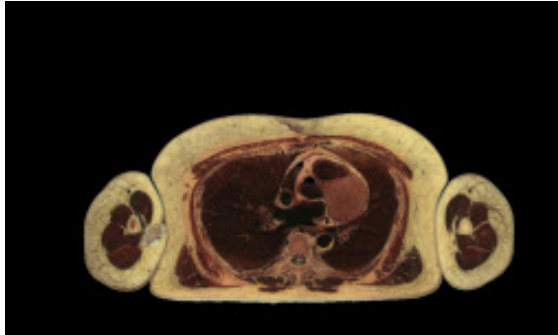


**Figura 20:** Exemplo de Grafo gerado pelo sistema

Conforme pode ser visto na figura 20, são descritos os elementos relacionados ao elemento “Coração” – “*Heart*”. São descritos, deste modo, os elementos relacionados ao elemento do coração por também serem parte do sistema circulatório, tais como o “Tronco Pulmonar” – “*Pulmonary Trunk*”, os elementos contidos no elemento coração, tais como o “Átrio Direito” – “*Right Atrium*” e “Átrio Esquerdo” – “*Left Atrium*”, e o elemento “Órgãos” – “*Organs*” que contém o coração.

Além de relacionar o elemento anatômico com as publicações acadêmicas, é também sincronizada uma secção de corte transversal do *Visible Human*. Assim, facilita-se uma relação entre as imagens didáticas e simplificadas do boneco com os cortes de dissecações e exames.

A transição entre uma secção e outra é feita de modo progressivo, passando pelas secções intermediárias, o que auxilia na compreensão da imagem. A figura 22 é um exemplo de corte selecionado ao se buscar por “Coração” – “Heart”.



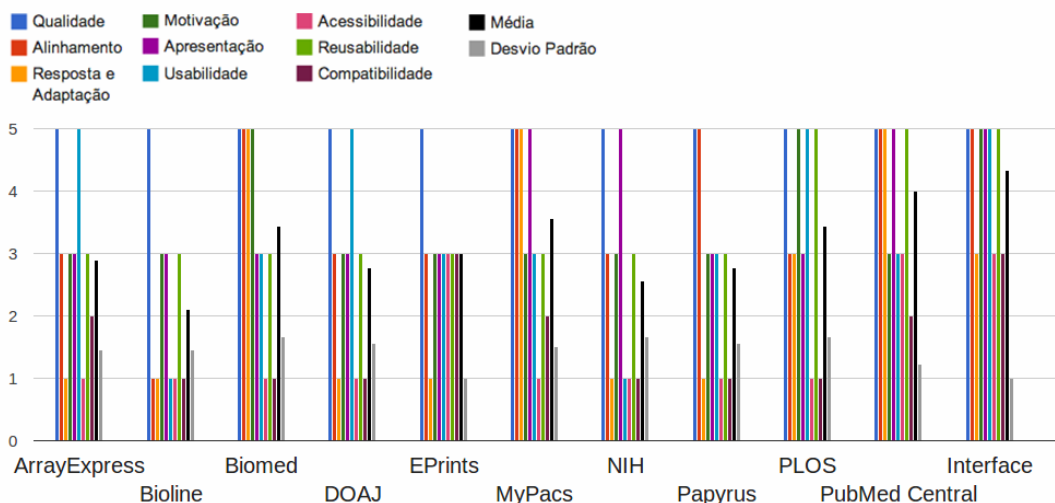
**Figura 21:** Exemplo de fotografia de corte sincronizado com o elemento selecionado

Conforme pode ser visto na figura 21, essa fotografia do corte do corpo humano sincronizada ao elemento selecionado, auxilia numa visão mais realista do elemento selecionado.

## AVALIAÇÃO DA INTERFACE PROPOSTA

Quando avaliada segundo Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* - LORI proposto por Leacock e Nesbit (2007), essa aplicação obteve uma pontuação de 39 pontos ou 86,67%, 6,67% acima do repositório melhor pontuado. A figura 23 detalha os ganhos de pontuação obtidos:

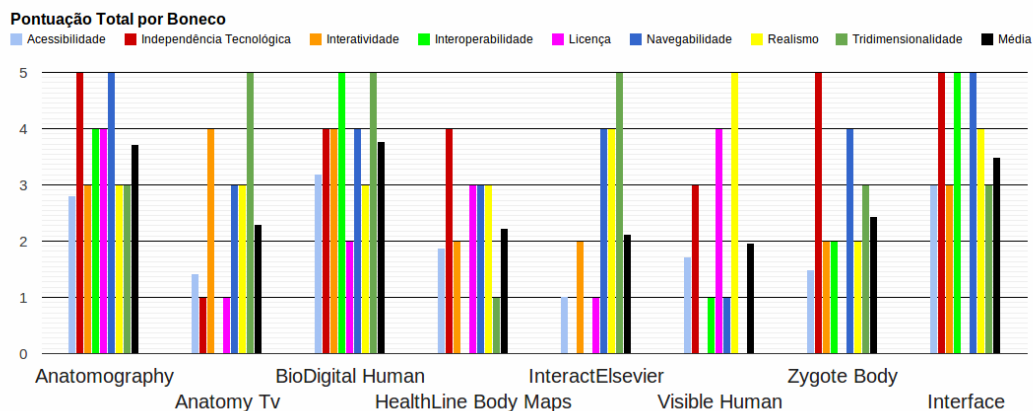




**Figura 22:** Gráfico Comparativo da pontuação da Interface 3D com os Repositórios segundo LORI de Leacock e Nesbit (2007)

Destaca-se assim que a utilização do boneco anatômico em combinação com os demais requisitos aqui propostos, extraídos dos critérios de avaliação de objetos de aprendizagem, gerou uma ferramenta com uma pontuação superior a todos os demais repositórios avaliados segundo a mesma métrica. As pontuações dos repositórios comparadas com a pontuação da Interface são detalhadas no Apêndice 3. Obtém-se assim um indicador de que a utilização combinada entre bonecos anatômicos *Web* e repositórios podem gerar melhores objetos de aprendizagem. Uma validação proposta é a aplicação de testes de usabilidade como análise de tarefas e questionários na utilização desta interface em comparativo com os repositórios tradicionais.

Ao desenvolver as funcionalidades determinadas nos requisitos definidos a partir dos critérios de avaliação de objetos de aprendizagem, obteve-se também ganhos no boneco anatômico utilizado pela interface. Para avaliar tais ganhos, foram comparadas as pontuações dos bonecos anatômicos com a pontuação do boneco anatômico da interface proposta, avaliado nos mesmos critérios de avaliação de bonecos anatômicos. O resultado é descrito na figura 24:



**Figura 23:** Gráfico Comparativo da Interface Web 3D com os Bonecos

Tendo em vista que muitas correções e novas funcionalidades criadas na Interface também são pontuadas nos critérios propostos de avaliação de bonecos anatômicos, é válida a comparação da Interface com os Bonecos Anatômicos *Web*. Quando comparada com os outros bonecos anatômicos, segundo os critérios aqui propostos para avaliação de bonecos anatômicos, a aplicação obteve pontuação de 70,00%, um ganho considerável em relação à pontuação inicial do *Zygote Body* de 48,75% mas ainda abaixo do *BioDigital Human* com 75,50%. O critério em que a aplicação obteve menor pontuação foi o da Licença de *Software* e Termos de Uso. A licença do *Zygote Body* é bem restritiva e é transmitida para qualquer material dele originado. As pontuações dos bonecos comparadas com a pontuação da Interface são detalhados no Apêndice 4.

As restrições de licença e de interoperabilidade encontradas impedem que novas aplicações possam ser integradas com estes bonecos anatômicos. Para a criação de um boneco anatômico com a pontuação máxima em todos os critérios, torna-se necessário o desenvolvimento de um boneco código-aberto fazendo uso das tecnologias padrões e abertas de Internet e de dados anatômicos de qualidade. Já existem ferramentas código-aberto para a manipulação de elementos *Web 3D* tais como o *Open-3d-Viewer*<sup>12</sup> e os bonecos anatômicos *Visible Human* e o *Anatomography* têm disponibilizado uma gama de recursos que, em conjunto, podem auxiliar neste propósito.

12 Disponível em <http://open-3d-viewer.googlecode.com/>, acessado em Julho de 2013.

Inicialmente, pode-se notar que a pontuação da Interface em comparação com a pontuação dos repositórios já é acima do intervalo de confiança de 95% da curva normal que descreve a distribuição das pontuações dos repositórios. Para avaliar a significância estatística desta Interface em relação à distribuição das pontuações dos repositórios com maior precisão, foi calculada a probabilidade da pontuação igual ou maior que a obtida pela Interface na curva normal que descreve a distribuição das pontuações dos repositórios, descrita no tópico 4.1 Avaliação dos Repositórios. Deste modo, calculou-se a probabilidade da obtenção de um valor igual ou superior a 4,33 na curva normal de média 3,056 e desvio padrão de 0,5542.

Deste modo, pode-se concluir que a probabilidade da obtenção da pontuação da Interface ou superior na curva normal que descreve a distribuição das pontuações dos repositórios tem um p-value de 0,012 ou uma probabilidade de 1,12%. Logo, pode-se afirmar com 98,89% de confiança de que a Interface faz parte de uma outra distribuição. Isto é, o ganho obtido na pontuação da Interface não é apenas consequência da variação das pontuações dos repositórios, mas é resultado de alguma intervenção externa que tem como resultado outra distribuição.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram avaliados os bonecos anatômicos segundo os critérios propostos de Acessibilidade, Independência Tecnológica, Interatividade, Interoperabilidade, Licença, Navegabilidade, Realismo, Tridimensionalidade. A pontuação média dos bonecos foi de 52,26%. A pontuação máxima foi de 77,00% no boneco anatômico *BioDigital Human*, e a mínima foi de 37,55% do *InteractElsevier*.

Foram também, avaliados os repositórios, segundo os critérios do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* - LORI (Leacock e Nesbit, 2007). Nesta avaliação, o repositório melhor avaliado foi o *PubMed Central*, com 80,00%. O repositório com menor pontuação foi o *Bioline* com 42,22%.

A partir da pontuação dos repositórios se definiu a curva normal que descreve a distribuição das pontuações dos repositórios com média 3,056, desvio padrão 0,5542 e intervalo de confiança de 90% para valores de 2,7677 até 3,3442 e de 95% para valores de 2,7125 até 3,3995.

Quando comparada com os repositórios, a Interface para acesso aos conteúdos de repositórios biomédicos digitais com Boneco Anatômico *Web 3D* apresentou uma pontuação de 86,67% segundo os critérios do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* - LORI (Leacock e Nesbit, 2007).

Conseguiu assim uma pontuação 6,67 % maior que o repositório melhor pontuado e 25,55% maior que a média dos repositórios. Conforme calculado, esse resultado é significativamente improvável, 1,2% de chance, de acontecer na curva normal que descreve a distribuição das pontuações dos repositórios. Sendo 98,8% provável que a Interface represente um ganho que a coloca em outra distribuição.

Quando comparada com os Bonecos Anatômicos *Web 3D*, a Interface gerou um ganho na pontuação do boneco utilizado, *Zygote Body*, de 21,25% obtendo pontuação de 70%. Mas esta nova pontuação não foi suficiente para ser superior a pontuação do Boneco Anatômico *Web 3D* melhor pontuado, *BioDigital Human* com 75,50%.

## 5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Através do presente trabalho e dos artigos e publicações dele originados (MATA, SALES e ANDRADE, 2013; MATA e SALES, 2013; MATA, SALES e ANDRADE, 2013b) foram realizadas investigações sobre a viabilidade de se conseguir melhorar a usabilidade e acessibilidade dos repositórios biomédicos por meio da associação destes com uma Interface com Boneco Anatômico *Web 3D* via *Web Services* que se apresenta ao usuário como um boneco anatômico *Web 3D* utilizando *HTML* e *Javascript*.

Nesta pesquisa, foi apresentado como os sinais biomédicos, por carregarem informações que são úteis para a compreensão dos mecanismos fisiopatológicos complexos subjacentes ao comportamento dos sistemas vivos permitem a investigação do estado biológico subjacente e as estruturas fisiológicas e suas dinâmicas. Sendo eles, conseqüentemente, essenciais na formação de hipóteses que podem ser validadas por experiências.

Tendo em vista o aumento da quantidade e complexidade desses sinais, estratégias de estruturação, análise, organização, armazenamento e obtenção das informações biomédicas tornam-se importantes para sofisticação da descoberta do conhecimento e para a comparação dos resultados de diferentes estudos, a fim de se determinar quais métodos são robustos e produzem resultados consistentes em um vasto número de estudos.

Neste contexto, repositórios digitais biomédicos surgem como ambientes informacionais digitais para gerenciamento e controle da produção acadêmica e científica de instituições e/ou comunidades, oferecendo vantagens como acesso irrestrito, interoperabilidade dos dados e preservação da informação em longo prazo. Sem a Tecnologia da Informação (TI) para permitir a agregação dos dados conforme suas características e pelo tempo, a prática da medicina baseada em evidências se torna próxima do impossível. Contudo, a digitalização é apenas o primeiro passo. Tornar esses dados interoperáveis é um desafio considerável, tendo em vista a vasta quantidade de dados armazenados em diferentes formatos, organizações e interfaces.

Uma das estratégias vigentes utilizadas pelos repositórios para tratar dessa multiplicidade de formatos e organizações são as ontologias. Ontologia é uma especificação conceitual que descreve o conhecimento sobre um domínio de uma forma independente dos estados epistêmicos e do estado das coisas. As metodologias baseadas em ontologias fomentam prover a integração dos dados e a recuperação da informação por recursos múltiplos para ampliar o poder das abordagens computacionais na realização de exploração, inferência e mineração de dados permitindo que vocabulários possam ser utilizados tanto por humanos quanto por computadores no intercâmbio e exploração da informação.

Muitos desses repositórios se integram via *Web Services* enquanto se apresentam ao usuário por meio de páginas HTML. Os *Web Services* são um modo padrão de interoperabilidade entre diferentes aplicações de software, executando numa variedade de plataformas e/ou *frameworks*. Eles podem ser combinados com baixo acoplamento, de forma a realizar operações complexas e interagir uns com os outros de forma a disponibilizar sofisticados serviços de valor agregado.

Problemas de usabilidade e acessibilidade, podem prejudicar fatalmente o acesso de alguns repositórios de conteúdos acadêmicos com suas comunidades. Nesta pesquisa a definição adotada de usabilidade foi a dimensão na qual um produto pode ser utilizado por um grupo específico de usuários para atingir objetivos específicos. Ela é um atributo qualitativo que avalia a facilidade de uso das interfaces com o usuário. A definição de Acessibilidade adotada foi a dimensão para um produto, sistema ou ambiente na medida em que este pode ser usado por pessoas com a mais ampla variedade de características e capacidades para atingir um objetivo específico num determinado contexto de uso.

O presente trabalho demonstrou a importância em observarem-se os repositórios biomédicos como objetos de aprendizagem e como se pode conseguir obter ganhos nesse aspecto, utilizando-se os bonecos anatômicos. Os repositórios e os bonecos anatômicos têm se estabelecido como elementos de grande importância no estudo e desenvolvimento científico das áreas médicas e de saúde. A integração destes dois elementos é ainda uma área pouco explorada na pesquisa e os resultados aqui obtidos demonstraram um aumento significativo da qualidade dos repositórios.

Conforme o objetivo geral de desenvolver uma Interface utilizando Boneco Anatômico Web 3D como facilitadora da utilização e acesso aos conteúdos de repositórios biomédicos digitais e avaliar sistematicamente o desempenho desta Interface, foi desenvolvida a Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D. Essa Interface facilitou a utilização e o acesso aos conteúdos de repositórios biomédicos digitais, conforme observado estatisticamente e segundo a aplicação do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem. com p-value de 0,012 ou 98,89% de confiança, enquanto objetos de aprendizagem segundo Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* – LORI de Leacock e Nesbit (2007).

Para tal, conforme o objeto específico de realizar a revisão bibliográfica para identificar Repositórios Digitais Biomédicos e Bonecos Anatômicos Web 3D, foram identificados os principais repositórios digitais biomédicos, provedores de objetos de aprendizagem, baseado em abordagem similar a utilizada para avaliar a qualidade dos periódicos científicos (Fator de Impacto). Para tal, foram detalhados 13 diferentes Repositórios Digitais Biomédicos e foram descritas estratégias que permitem um melhor aproveitamento dos mesmos, como Ontologias e *Web Services*. Destes, 10 repositórios foram avaliados, utilizando-se do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* – LORI (Leacock e Nesbit, 2007).

Para atender ao objetivo de aplicar um instrumento de análise de objetos de aprendizagem, foi feito um levantamento da pontuação dos repositórios segundo o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007). O repositório de maior pontuação foi o *PubMed Central*, com 80,00%. O repositório de menor pontuação foi o *Bioline International*, com 42,22%. O critério que apresentou pior média foi o da acessibilidade, com 28% e o que apresentou maior pontuação foi o da qualidade, com média de 100%.

Além disto, para atender ao objetivo de levantar os critérios para avaliação de Bonecos Anatômicos Web 3D, foi feita a definição de um conjunto de critérios de avaliação dos bonecos, baseado nos fundamentos de agregar na aprendizagem de anatomia e medicina e nos recursos e vantagens do contexto da Web.

Para tal, a partir da sistematização das recomendações de usabilidade e acessibilidade encontradas na bibliografia específica, foram levantados quais são os aspectos desejáveis em um boneco anatômico 3D *Web*. Assim, foram definidos oito critérios de avaliação de bonecos anatômicos 3D *Web*: acessibilidade, independência tecnológica, interatividade, interoperabilidade, licença e termos de uso, navegabilidade, realismo e tridimensionalidade. Ressalta-se que uma outra contribuição desse trabalho se refere aos cinco critérios que foram definidos durante esta pesquisa, são eles: independência tecnológica, licença e termos de uso navegabilidade, realismo e tridimensionalidade (MATA, SALES e ANDRADE, 2013; MATA e SALES, 2013; MATA, SALES e ANDRADE, 2013b).

Visando atender ao objetivo de selecionar e avaliar os Bonecos Anatômicos Web 3D para ser utilizado na interface desenvolvida, foram detalhados e avaliados 7 diferentes Bonecos Anatômicos *Web* 3D. A aplicação destes critérios nos bonecos anatômicos virtuais 3D encontrados ressaltou que o critério de menor pontuação média foi o da interoperabilidade, com pontuação de 34,20%, e o de maior pontuação média foi o da navegabilidade, com 68,60%. O boneco anatômico de maior pontuação média foi o *BioDigital Human*, com 75,50%. O *Visible Human* obteve a menor pontuação média, 39,30%.

Considerando que não houve boneco anatômico que conseguiu a pontuação máxima em todos os critérios, levanta-se a possibilidade da criação de um boneco anatômico virtual 3D, código-aberto, que venha a conseguir tal pontuação.

Posteriormente, foi realizada a concepção, desenvolvimento e avaliação da Interface para Repositórios com Boneco Anatômico Web 3D. A partir do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007), foram levantados os requisitos da Interface para repositórios com Boneco Anatômico Web 3D.

Esta Interface foi então desenvolvida a partir destes requisitos e avaliada de acordo com o objetivo de avaliar estatisticamente a interface desenvolvida com o Boneco Anatômico Web 3D em comparação aos repositórios sem bonecos. Obteve, deste modo,



uma pontuação superior a todos os repositórios encontrados enquanto objeto de aprendizagem, conforme foi levantado na hipótese deste trabalho.

A pontuação obtida pela Interface com Boneco Anatômico Web 3D desenvolvida, de 86,67%, em comparação com os demais repositórios, 61,11% na média e 80% no máximo, vem a reforçar que o modelo anatômico 3D proposto em conjunto com os requisitos levantados a partir dos objetos de aprendizagem é uma estratégia eficiente em melhorar a acessibilidade, usabilidade dos repositórios e a efetividade destes na distribuição do conhecimento acadêmico.

As restrições de acesso, inexistência de API ou limitações das API disponíveis têm sido um obstáculo para o desenvolvimento de interfaces alternativas para repositórios existentes, como a aplicação aqui proposta. Apenas 3 dos repositórios apresentam uma API para consulta e elas apresentam restrições na quantidade de resultados, enquanto a falta de acessibilidade e o uso de tecnologias restritivas têm sido os maiores desafios nos repositórios, com respectivamente 28,00% e 30,00% de pontuação nos critérios correspondentes.

Ressalta-se que a interface proposta, em comparação com os repositórios, apresentou, segundo o Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – LORI de Leacock e Nesbit (2007), pontuação igual ou superior nos critérios: motivação, apresentação, alinhamento, usabilidade, acessibilidade, reusabilidade, qualidade e compatibilidade. Nos critério de alinhamento e resposta, apesar de existirem repositórios com pontuação superior à interface desenvolvida, esta apresentou resultado superior à pontuação média dos repositórios, sendo a pontuação média de 48%, a pontuação da interface de 60% e a pontuação máxima de 100%, obtidas nos repositórios *Biomed*, *MyPacs* e *PubMed Central*.

Todos os objetivos proposto neste trabalho foram atingidos. Nota-se então, a possibilidade tecnológica e a necessidade real para o desenvolvimento de melhores repositórios, bonecos e interfaces, em que tais elementos combinados são capazes de armazenar melhores objetos de aprendizagem do que isolados. É imperativo que se desenvolva repositórios de conteúdos digitais biomédicos que sejam melhores provedores

de objetos de aprendizagem, mais acessíveis e usáveis de forma a facilitar o acesso e interação do usuário com essas interfaces.

## 6 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, sugerem-se os seguintes: (i) O desenvolvimento de um boneco anatômico código-aberto que venha a conseguir pontuação máxima em todos os critérios, fazendo uso dos sinais disponíveis pelo *Anatomography* e pelo *Visible Human*. Tal contribuição pode ter um impacto significativo no desenvolvimento científico. (ii) O desenvolvimento desta interface que garanta a comunicação entre as aplicações. (iii) A criação de um resultado de busca personalizado ao usuário a partir das publicações acadêmicas por ele salvas e compartilhadas e vinculação com os motores de busca de grande circulação. (iv) A validação complementar do resultado para aferir o ganho de usabilidade e acessibilidade com questionários e demais testes de usabilidade.

Os bonecos anatômicos *Visible Human* e o *Anatomography* disponibilizam um conjunto de recursos que podem ser utilizados na criação de um boneco anatômico *Web* código-aberto com um conjunto bem menor de restrições do que as opções existentes. Neste boneco a ser desenvolvido, recomenda-se a atenção aos critérios aqui descritos, em especial à capacidade de integração com ferramentas externas via *Web Service*.

Assim, além do desenvolvimento do boneco código-aberto pode-se também desenvolver a Interface com Boneco Anatômico *Web* 3D para Repositórios Biomédicos, integrada a este boneco. A sintetização de voz, pode ser substituída por uma de uso gratuito, como a utilizada por Barbosa e Mata (2007).

Na aplicação desenvolvida neste trabalho, não foi atendido por completo o requisito funcional RF11, “Para usuários autenticados, o sistema deve priorizar conteúdos considerados adequados a ele, conforme análise dos *feedbacks* por ele informados.”. Apesar das redes sociais utilizadas para se salvar e compartilhar os conteúdos viabilizarem a consulta de quais foram os elementos marcados pelo usuário, não se conseguiu, via as APIs e *Web Services* utilizados, uma maior personalização dos resultados das pesquisas. A Interface poderia buscar, opcionalmente, sinais e publicações científicas fazendo uso dos motores de busca de grande circulação.

Quanto à validação das conclusões obtidas neste estudo, recomenda-se a aplicação de testes de usabilidade como análise de tarefas, grupos focais e questionários para avaliar o impacto na capacidade de aprendizagem dos repositórios e bonecos anatômicos. Entrevistas, grupos focais e outras verificações consultivas podem fornecer informações se as estratégias utilizadas reduziram as dificuldades dos usuários em interagir com os Repositórios Digitais Biomédicos (CYBIS et al., 2007; BARBOSA e DA SILVA, 2010). Análise de tarefas e questionários podem informar o quanto o uso da Interface com Boneco Anatômico Web 3D reduz o tempo de busca e quais são as funcionalidades que mais são utilizadas pelos usuários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMAN, M. J. (1998). The visible human project. Proceedings of the IEEE, 86(3), 504-511.

ALONSO, G.; CASATI, F.; KUNO, H.; MARHIRAJU, V. Web Services. Springer, 2003. ISBN 978-3-540-44008-6

ANATOMOGRAPHY, 2009, Database Center for Life Science, University of Tokyo. Disponível em: <<http://lifesciencedb.jp/bp3d/?lng=en>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

ANATOMYTV, 2006, Primal Pictures. Disponível em: <<http://www.anatomy.tv/default.aspx>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

ARRAYEXPRESS, The ArrayExpress Archive, European Bioinformatics Institute, 2003 Disponível em: <<http://www.ebi.ac.uk/arrayexpress/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

AZER, S.A.; EIZENBERG N., Do we need dissection in an integrated problem-based learning medical course? Perceptions of first and second-year students., Surg Radiol Anat., 2007, 29(2): 173-80.

BACON, F. The Great Instauration (1620). Prooemium and Preface, 1960.

BARANAUSKAS, M. C. C.; MANTOAN, M. T. E. Acessibilidade em Ambientes Educacionais: Para Além das Guidelines, Fevereiro de 2001, UNICAMP Disponível em: <<http://www.fe.unicamp.br/revista/index.php/etd/article/download/1870/1711>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BARBOSA, R. L.; MATA, T. H. R. Hipertexto Interativo para Usuários Deficientes Visuais. Monografia (Graduação), 2007, Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://monografias.cic.unb.br/dspace/bitstream/123456789/133/1/monografia.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BARBOSA, S. D. J.; DA SILVA, B. S., 2010, Interação humano-computador. Elsevier.

BARNUM, C., BEVAN, N., COCKTON, G., NIELSEN, J., SPOOL, J., WIXON, D. (2003, April). The magic number 5: is it enough for web testing? In CHI'03 extended abstracts on Human factors in computing systems (pp. 698-699). ACM.

BERNERS-LEE, T. Information Management: A Proposal, CERN, March 1989, May 1990

Disponível em: <<http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BETHESDA Statement on Open Access Publishing, Summary of the April 11, 2003, Meeting on Open Access Publishing.  
Disponível em: <<http://www.earlham.edu/~peters/fos/bethesda.htm>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BIODIGITAL, BioDigital Human, 2011, BioDigital Systems.  
Disponível em: <<https://www.biodigitalhuman.com/home/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BIOLINE, Bioline International, 1993, Tropical Database in Brazil (now the Reference Center on Environmental Information, or CRIA) and the Electronic Publishing Trust for Development (EPT) in the U.K.  
Disponível em: <<http://www.bioline.org.br/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BIOMED, Biomed Central, 2000, The Open Access Publisher.  
Disponível em: <<http://www.biomedcentral.com/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BIOMOBY, 2001, Database Interface Conference (MOBY-DIC)  
Disponível em: <<http://biomoby.open-bio.org>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BIOPORTAL, Whetzel PL, Noy NF, Shah NH, Alexander PR, Nyulas C, Tudorache T, Musen MA. BioPortal: enhanced functionality via new Web services from the National Center for Biomedical Ontology to access and use ontologies in software applications. Nucleic Acids Res. 2011 Jul; 39(Web Server issue):W541-5. Epub 2011 Jun 14.  
Disponível em: <<http://bioportal.bioontology.org/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BÖCKERS, A.; JERG-BRETZKE, L.; LAMP, C.; BRINKMANN, A.; TRAUE, H., C.; BÖCKERS, T., M., The gross anatomy course: an analysis of its importance., Anat Sci Educ., 2010, 3(1): 3-11.

BODENREIDER, Provenance information in biomedical knowledge repositories – A use case O. Lister Hill National Center for Biomedical Communications, US National Library of Medicine, Bethesda, Maryland, USA, 2001  
Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.154.1164&rep=rep1&type=pdf>>.  
Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BORST, W. Construction of Engineering Ontologies, 1997, PhD thesis, Institute for Telematica and Information Technology, University of Twente, Enschede, The Netherlands.

Disponível em: <<http://doc.utwente.nl/17864/1/t0000004.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

BRENTON, H.; HERNANDEZ, J.; BELLO, F.; STRUTTON, P.; PURKAYASTHA, S.; FIRTH, T.; DARZI, A. (2007) Using multimedia and Web3D to enhance anatomy teaching, 2007, Computers & Education 49 32–53

BURGUN, A.; BODENREIDER O. Accessing and Integrating Data and Knowledge for Biomedical Research - A. Burgun, O. Bodenreider, 2008, EA 3888, IFR 140, Faculté de Médecine, Université de Rennes I, 35033 Rennes, France, National Library of Medicine, NIH, Bethesda, Maryland, USA. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18660883>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

CAMARGO, L. S. A.; VIDOTTI, S. B. G. Uma Estratégia De Avaliação Em Repositórios Digitais, 2008, SMBU XV Seminário Nacional de Bibliotecas Universitárias Disponível em: <<http://www.sbu.unicamp.br/snbu2008/anais/site/pdfs/3560.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

CASTRO, D. Atlanta 2009 Atlanta Conference on, Science, Technology and Innovation Policy, The Role of Information Technology, in Medical Research, Daniel Castro, October 2009.

Disponível em: <<http://www.itif.org/files/2009-it-medical-research.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

CDPD, Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, Protocolo Facultativo à Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, Presidência da República, Secretaria Especial dos Direitos Humanos, Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência – CORDE, Tradução Oficial/Brasil do United Nations Convention on the Rights of Persons with Disabilities, Brasília, Setembro de 2007.

CHANG, H. H.; MOURA J. M. F. Biomedical Signal Processing, 2010, ed. Myer Kutz, in Biomedical Engineering and Design Handbook, 2nd Edition, Volume 1, McGraw Hill. 2010, Chapter 22, pp. 559-579. Invited Chapter Disponível em: <<http://users.ece.cmu.edu/~moura/papers/hsunhsien-chang-moura-biomedicalsp-2010.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

CHIEN, C.; CHEN, C.; JENG, T. (2010) An Interactive Augmented Reality System for Learning Anatomy Structure, 2010, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010 Vol I, IMECS 2010, March 17 - 19, Hong Kong

CYBIS, W; BETIOL, A. H.; FAUST, R., Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações, 2007, Novatec Editora.

DENNEMONT, Y.; BOUYER, G.; OTMANE, S.; MALLEM, M. 3D interaction assistance in virtual reality: a semantic reasoning engine for context-awareness, Context-Aware Systems and Applications, 2013, 30-40, Springer

DEVCOM, DevCom Medical Icons, 2008, <http://www.devcom.com/>  
Disponível em: <http://www.iconarchive.com/show/medical-icons-by-devcom.html>  
Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

DOAJ, Directory of Open Access Journals, 2003, Infrastructure Services for Open Access in cooperation with SemperTool.  
Disponível em: <http://www.doaj.org/> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

DUNCAN, C. Dr. , Digital Repositories: e-Learning for Everyone, 2003, Presented at e-Learn International, Edinburgh 9-12 February 2003.  
Disponível em:  
[http://www.intrallect.com/index.php/intrallect/content/download/412/1733/file/Digital\\_Repositories\\_E-Learning\\_for\\_Everyone.pdf](http://www.intrallect.com/index.php/intrallect/content/download/412/1733/file/Digital_Repositories_E-Learning_for_Everyone.pdf) Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

EDGAR, R; DOMRACHEV, M.; LASH, AE, Gene Expression Omnibus: NCBI gene expression and hybridization array data repository, 2002, Nucleic Acids Res. 2002 Jan 1;30(1):207-10  
Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo/> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

ELIZONDO-OMAHÑA, R.E.; GUZMÁN-LÓPEZ, S.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, MDE L., Dissection as a teaching tool: past, present, and future., Department of Human Anatomy, School of Medicine, Universidad Autonoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, Mexico., 2005, Copyright 2005 Wiley-Liss, Inc.  
Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Elizondo-Oma%C3%B1a%202005> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

EPRINTS, implementation by GUTTERIDGE, C.; JEWELLS, M.; TANSLEY R. ePrints@IISc repository collects, University of Southampton, England, 2000  
Disponível em: <http://eprints.org/>, <http://www.ohloh.net/p/11952> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

FEIGENBAUM, L; HERMAN I; HONGSERMEIER, T.; NEUMANN E.; STEPHENS, S.The Semantic Web in Action, Scientific American, 2007, Inc. December 2007  
Disponível em: <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=semantic-web-in-action>  
Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

FIELDING, R. T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software, 2000, Architectures, University of California, Irvine



Disponível em: <[http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding\\_dissertation.pdf](http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf)>  
Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

GIORDAN, A. Une didactique pour les sciences expérimentales: Paris: Éditions, 1999, Belin. ISBN 978-2-7011-2538-1

GOBBETTI, E.; SCATENI, R. Virtual Reality: Past, Present, and Future, Center for Advanced Studies, Research and Development in Sardinia, 1999, Cagliari, Italy

GRUBER, T. R. A Translation Approach to Portable Ontologies. Knowledge, 1993, Acquisition, 5(2):199–220

GUARINO N.; OBERLE D.; STAAB S. What Is an Ontology?, S. Staab and R. Studer (eds.), Handbook on Ontologies, International Handbooks on Information Systems, DOI 10.1007/978-3-540-92673-3, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009  
Disponível em: <[http://iaoa.org/isc2012/docs/Guarino2009\\_What\\_is\\_an\\_Ontology.pdf](http://iaoa.org/isc2012/docs/Guarino2009_What_is_an_Ontology.pdf)> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

GUIZZARDI, G. Ontological Foundations for Structural Conceptual Models, 2005, CTIT PhD.-thesis series, No. 05-74, ISSN 1381-3617; No. 05-74, ISBN 90-75176-81-3, Centre for Telematics and Information Technology, University of Twente, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands  
Disponível em: <[http://doc.utwente.nl/50826/1/thesis\\_Guizzardi.pdf](http://doc.utwente.nl/50826/1/thesis_Guizzardi.pdf)> Acesso em 26 de Agosto de 2012:

HAND, C. A survey of 3D interaction techniques, 1997, Computer graphics forum, v, 16, No. p. 5, 269-281, 1997, Wiley Online Library

HANNA, K. E., M.S., Ph.D.; ANDERSON, S. M.; M.L.S., MADDOX, S. D.; M.A., 2005, Think Research, White Paper Fall 2005  
Disponível em: <[http://www.fastercures.org/documents/pdfs/white\\_papers/emr\\_whitepaper.pdf](http://www.fastercures.org/documents/pdfs/white_papers/emr_whitepaper.pdf)>  
Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

HASAN, T; AGEELY, H.; HASAN, D., The role of traditional dissection in medical education, Education in Medicine Journal, Vol.2 (1): e30-e34, 2010, doi:10.5959/eimj.2.1.2010.spc1

HEALTHLINE, HealthLine BodyMaps, 2005, HealthLine.  
Disponível em: <<http://www.healthline.com/human-body-maps>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

HENDLER, J. Agents and the semantic web. Intelligent Systems, IEEE, v. 16, n. 2, p. 30-37, 2001.

HUNTER, A.; SCHIBECI , D.; HIEW , H. L.; BELLGARD , M. Grendel: A bioinformatics Web Service based architecture for accessing HPC resources, 2005, Centre for Bioinformatics and Biological Computing (CBBC), Murdoch University, South St, Murdoch, Western Australia 6150

HUYGENS , C. Letter to Pierre Perrault, 'Sur la préface de M. Perrault de son traité del'Origine des fontaines' [1763], Oeuvres Complètes de Christiaan Huygens (1897), Vol. 7, 298. Quoted in Jacques Roger, The Life Sciences in Eighteenth-Century French Thought, ed. Keith R. Benson and trans. Robert Ellrich (1997), 163. Quotation selected by W.F. Bynum and Roy Porter (eds., 2005), Oxford Dictionary of Scientific Quotations ISBN 0-19-858409-1 p. 317 quotation 4.

IETF - Internet Engineering Task Force, Hypertext Markup Language - 2.0, Request for Comments: 1866, 1995.

Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc1866>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1991, IEEE Standard Computer Dictionary: Compilation of IEEE, Standard Computer Glossaries, IEEE Press Piscataway, NJ, USA ©1991, ISBN:1559370793

IEEE, Draft Standard for Learning Object Metadata, 15 July 2002, IEEE 1484.12.1-2002 Disponível em: <<http://ltsc.ieee.org/wg12/20020612-Final-LOM-Draft.html>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

INTERACTELSEVIER, Cyber A. Netter's 3D Interactive Anatomy, 2010, Cyber-Anatomy.

Disponível em: <<http://www.interactelsevier.com/netter>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

INZUNZA, O.; BRAVO, H, Animación computacional de fotografías: un real aporte al aprendizaje práctico de anatomía humana, Rev. Chil. Anat., 2002, 15(1):57-64]

IOM - Institute of Medicine - The Computer-Based Patient Record: An Essential Technology for Health Care, Revised Edition, 1997 ,Institute of Medicine (IOM) - Richard S. Dick, Elaine B. Steen, and Don E. Detmer, Editors; Committee on Improving the Patient Record, Institute of Medicine.

Disponível em: <[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=5306](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=5306)> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

ISO 9241-11 - International Organization for Standardization, 1998, Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs): Part 11: Guidance on Usability.

ISO 9241-171, International Organization for Standardization, 2008, Ergonomics of human-system interaction – Part 171: Guidance on software accessibility.

ISO/IEC 26514, International Organization for Standardization, Systems and software engineering – Requirements for designers and developers of user documentation, 2008, BSI - British Standard

ISO/IEC 25010, International Organization for Standardization, 2011, Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models.

JASTROW, H.; VOLLRATH L., Teaching and learning gross anatomy using modern electronic media based on the visible human project, Department of Anatomy, Histology, Johannes Gutenberg-University, Mainz, Germany. [jsatrow@mail.uni-mainz.de](mailto:jsatrow@mail.uni-mainz.de), 2003, Clin Anat. 2003, Jan;16(1):44-54.

Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12486739>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

KOLLIA , I.; GLIMM , B.; HORROCKS , I. , Answering Queries over OWL Ontologies with SPARQL, 2011, ECE School, National Technical University of Athens, Greece, Oxford University Computing Laboratory, UK

LEACOCK, T. L.; NESBIT , J. C., A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources, 2007

Disponível em: <[http://www.ifets.info/journals/10\\_2/5.pdf](http://www.ifets.info/journals/10_2/5.pdf)> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

LORANGER, H.; SCHADE, A.; NIELSEN, J. Usability of Rich Internet Applications and Web-Based Tools - Design Guidelines Based On User Testing Of 46 Flash Tools In 2002, Nielsen Norman Group Report, 2002.

Disponível em: <<http://www.nngroup.com/reports/flash>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

LORENZO, D. F.; MORATO, J.; GÓMES, J. M. Knowledge management in biomedical libraries: A semantic web approach, Published online: 12 February 2009, # Springer Science + Business Media, LLC 2009, Inf Syst Front (2009) 11:471–480, DOI 10.1007/s10796-009-9159-y

LOWRANCE , W. W. Access To Collections Of Data And Materials For Health Research, 2006, A report to the Medical Research Council and the Wellcome Trust  
Disponível em:

<[http://www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@msh\\_grants/documents/web\\_document/wtx030842.pdf](http://www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@msh_grants/documents/web_document/wtx030842.pdf)> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

MCLACHLAN, J. C.; BLIGH J.; BRADLEY, P.; SEARLE, J., Teaching anatomy without cadavers., *Med Educ* 38:418 –424., 2004

MAGGE, R., Art macabre: Resurrectionists and anatomists, *ANZ Journal of Surgery*, 71: 377–380., 2001, doi: 10.1046/j.1440-1622.2001.02127.

MAINARDI, L.T.; BIANCHI, A.M.; CERUTTI, S. Digital Biomedical Signal Acquisition and Processing, *The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition*, Ed. Joseph D. Bronzino, Boca Raton: CRC Press LLC, 2000, International Standard Book Number 0-8493-0461-X

Disponível em: <[http://www.kemt.fei.tuke.sk/predmety/KEMT537\\_LE/materialy/09-Biomedical%20Engineering%20Handbook,%20The%20-Volumes%201%20&%202/ch053.pdf](http://www.kemt.fei.tuke.sk/predmety/KEMT537_LE/materialy/09-Biomedical%20Engineering%20Handbook,%20The%20-Volumes%201%20&%202/ch053.pdf)>

Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

MALDONADO-ZIMBRÓN, V. E.; ELIZONDO-OMAHÑA, R. E.; CEPEDA, G. B. A., VILCHEZCAVAZOS, F.; CASTRO, G. O. GUZMÁN-LÓPEZ, S., An interactive tool for the human anatomy laboratory, *Int. J. Morphol.* 24(3):377-382, 2006., 2006

MARTINS, J. C. A.; MAZZO, A.; BAPTISTA, R. C. N.; COUTINHO, V. R. D.; GODOY, S.;

MARTINEZ, M. Ph. D. Designing Learning Objects to Personalize Learning, 2002

Disponível em: <[http://hgseclass.harvard.edu/~kahleda/projectsite/readings/martinez\\_learningObjects.pdf](http://hgseclass.harvard.edu/~kahleda/projectsite/readings/martinez_learningObjects.pdf)>

Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

MARKOVIĆ D., B. M.: Development of anatomical models – chronology. *Acta Medica Medianae* 2010, :56-62.

MATA, T. H. R.; SALES, A. B.; ANDRADE, M. M., Definição de Critérios Computacionais para Avaliar Bonecos Anatômicos 3D na Web para Ensino na Área de Saúde ou Aplicações Médicas, PAHCE – Pan American Health Care Exchanges, 2013, Medellin. *Ingeniería Biomédica: perspectiva Brasileña*. Envigado, Colombia: Fondo Editorial EIA, 2013. v. 1. p. 27-32.

MATA, T. H. R., SALES, A. B., ANDRADE, M. M., (b), Acessibilidade em Bonecos Anatômicos 3D para Web, 2013, SETI - I Simpósio de Educação e Tecnologias Inclusivas, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santo Ângelo, RS.

MATA, T. H. R.; SALES, A. B., Definição de critérios para avaliar bonecos anatômicos 3D na web para ensino na área da saúde ou aplicações médicas. *Extensio: Revista Eletrônica de Extensão*, doi:10.5007/1807-0221.2012v9n14p44 9, mar. 2013. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/extensio/article/view/1807-0221.2012v9n14p44>>. Acesso em: 24 Jun. 2013.

MITSUHASHI, N., FUJIEDA, K., TAMURA, T., KAWAMOTO, S., TAKAGI, T., & OKUBO, K. *BodyParts3D: 3D structure database for anatomical concepts*, 2009, *Nucleic acids research*, 37 (suppl 1), D782-D785. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2686534/>>. Acesso em: 26 de agosto de 2012.

MYGRID, *Personalized bioinformatics on the information grid*, 2003 Disponível em <<http://www.mygrid.org.uk>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

MYPACS, *My Picture Archiving and Communication System*, 2002, McKesson Corporation, McKesson Medical Imaging Group. Disponível em: <<http://www.mypacs.net/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

NIELSEN, J.; TAHIR, M. *Homepage: Usabilidade - 50 Websites desconstruídos*. Tradução: Tereza Cristina Félix de Souza, 2002, ISBN: 853520945x, ISBN-13: 9788535209457

NIELSEN, J. *2D is Better Than 3D*, 1998 Disponível em: <<http://www.useit.com/alertbox/981115.html>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

NIELSEN(a), J. *Flash: 99% Bad, AlertBox*, 2000 Disponível em: <<http://www.useit.com/alertbox/20001029.html>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

NIELSEN(b), J. *Why You Only Need to Test with 5 Users*, 2000 Disponível em: <<http://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

NIELSEN, J, *Usability 101: Introduction to Usability*, 2003, Alertbox Disponível em: <<http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

NCBI, *National Center for Biotechnology Information*, 1988 Disponível em <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

NIH, National Institute of Health, Common Fund, 2006, signed in 2007. H.R. 6164 as P.L. 109-482 into the National Institutes of Health Reform Act  
Disponível em: <<https://commonfund.nih.gov/about.aspx>>, <<http://www.nih.gov>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

OLSEN, LEIGHANNE, GOOLSBY, W. ALEXANDER, MCGINNIS, J. MICHAEL, Roundtable on Evidence-Based Medicine. "7 Healthcare Delivery Organizations.", 2009, Leadership Commitments to Improve Value in Health Care: Finding Common Ground: Workshop Summary. Washington, DC: The National Academies Press, 2009.

ONARAL, B. Biomedical Signal Analysis, The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition, 2000 , Ed. Joseph D. Bronzino, Boca Raton: CRC Press LLC, 2000  
Disponível em: <[http://www.kemt.fei.tuke.sk/predmety/KEMT537\\_LE/materialy/09-Biomedical%20Engineering%20Handbook,%20The%20-Volumes%201%20&%202/S06.pdf](http://www.kemt.fei.tuke.sk/predmety/KEMT537_LE/materialy/09-Biomedical%20Engineering%20Handbook,%20The%20-Volumes%201%20&%202/S06.pdf)>  
Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

OPPENHEIM , A. V.; SCHAFER , R. W. Discrete-Time Signal Processing, 3/E, 2010, ISBN-10: 0131988425, ISBN-13: 9780131988422

OWEN, HARRY MD, Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare: April 2012 - Volume 7 - Issue 2 - p 102–116, 2012, doi: 10.1097/SIH.0b013e3182415a91 Special Article

PAPYRUS, Digital Institutional Repository, 2006, Université de Montréal.  
Disponível em: <<http://papyrus.bib.umontreal.ca/jspui/?locale=en>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

PEIRCE, CS. A fixação da crença (Popular Science Monthly 12 (November 1877), pp. 1-15) - Trad. Anabela Gradim Alves. Biblioteca OnLine de Ciências da Comunicação, 1877 – bocc.ubi.pt  
Disponível em: <<http://bocc.ubi.pt/pag/texto.php3?html2=peirce-charles-fixacao-crenca.html>>  
Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

Pires, K. F.; Pimenta, L. A. B.; De Andrade, M. M.; Domingues, D. G.; Mendes, C. J. M. R.; da Rocha, A.F., "Influence of neuromuscular electrical stimulation on the conduction velocity measured using EMG signals provided by linear arrays of electrodes," Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE , vol., no., pp.3865,3868, Aug. 30 2011-Sept. 3 2011 doi: 10.1109/IEMBS.2011.6090960

PLOS; VARMUS, H.; BROWN P.; EISEN M. Public Library of Science, 2000.  
Disponível em: <<http://plos.org>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

PMC, PubMed Central, 2000, U.S. National Institutes of Health's National Library of Medicine (NIH/NLM), NLM's National Center for Biotechnology Information (NCBI). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

PRAIA, J.; CACHAPUZ A.; GIL-PÉREZ D. A Hipótese E A Experiência Científica Em Educação Em Ciência: Contributos Para Uma Reorientação Epistemológica, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v8n2/09.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

PRIEMER, R. Ed. Introductory signal processing. Vol. 6. World Scientific, 1991.

RAGGETT, D. A History of HTML, 1998, ISBN 0-201-17805-2 Disponível em: <<http://www.w3.org/People/Raggett/book4/ch02.html>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

RICHARDSON, L.; RUBY, S. RESTful Web Services. Sebastopol, 2007, Calif.: O'Reilly Media Inc.

ROSEN, K. R. MD, The history of medical simulation, Department of Anesthesiology, Case Western Reserve University School of Medicine, Cleveland, OH 44106, USA, 2008, Disponível em: <<http://www.chinamedsim.com/uploadfile/200901/20090111022809212.pdf>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

ROURE, D. DE; GOBLE, C.; STEVENS, R. "The Design and Realisation of the myExperiment Virtual Research Environment for Social Sharing of Workflows", 2008, Future Generation Computer Systems, vol. 25, pp. 561-567, 2008.

RSNA, Radiological Society of North America, 2000 Disponível em: <<http://www.rsna.org/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

SALES, M. B., Modelo Multiplicador Utilizando a Aprendizagem por Pares Focado no Idoso, 2007, Universidade Federal De Santa Catarina, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia e Gestão Do Conhecimento, Florianópolis.

SANFILLIPPO, E. M. Ontology, 2013 Disponível em: <[http://www.emiliosanfilippo.it/?page\\_id=1172](http://www.emiliosanfilippo.it/?page_id=1172)> Acesso em: 26 de Agosto de 2012

SANTOS, M.; FURUIE, S., Framework para Compartilhamento de Imagens Médicas, 2006, X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Disponível em: <<http://www.incor.usp.br/spdweb/prodcient/filesTrabalhos2006/CBIS2006MS.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

SARMENTO E SOUZA, M. F. MIRANDA, ÂNGELO BAPTISTA, ANA ALICE RAMOS, ISABEL. Algumas considerações sobre as principais declarações que suportam o movimento Acesso Livre, 2005, 9º World Congress on Health Information and Libraries. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4282>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

SEGARAN, T.; EVANS , C.; TAYLOR , J. Programming the Semantic Web, O'Reilly , 2009, ISBN: 978-0-596-15381-6

SHADISH, W. R., COOK, T. D., & CAMPBELL, D. T. Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference, 2002, New York: Houghton Mifflin Company.

Disponível em: <<http://depts.washington.edu/methods/readings/Shadish.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

SHIAMI, R. Introduction to Applied Statistical Signal Analysis (Third Edition), Guide to Biomedical and Electrical Engineering Applications, 2007, Copyright © 2007 Elsevier Inc. All rights reserved. ISBN: 978-0-12-088581-7

SILVA-LOPES, V. W.; MONTEIRO-LEAL, L. H., Creating a histology-embriology free digital image database using high-end microscopy and computers techniques for on-line biomedical education, Anat. Rec., 273B:126-31, 2003

SINAV, A.; AMBRON R., Interactive web-based programs to teach functional anatomy: the pterygopalatine fossa, Anat Rec B New Anat. 2004 Jul;279(1):4-8., 2004

SINCLAIR, S., Making Doctors: An Institutional Apprenticeship., Oxford: Berg., 1997

SLUTSKY, J. R. Moving Closer To A Rapid-Learning Health Care System , 2007 Disponível em: <<http://content.healthaffairs.org/content/26/2/w122.full>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

SMITH, B. Mereotopology: A Theory of Parts and Boundaries, 1996, Department of Philosophy and Member of the Center for Cognitive Science, University at Buffalo, Data and Knowledge Engineering, 20 (1996), 287-303 Disponível em: <<http://ontology.buffalo.edu/smith/articles/Mereotopology1.pdf>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

SMD, Stanford Microarray Database, 2001, Stanford School of Medicine Disponível em: <<http://smd.stanford.edu/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

SOMMERVILLE, I. Software Engineering, 9/E, ISBN: 978-0-13-703515-1, 2011, Pearson Education, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data



SPENCER, L., The Artist's Knife, 2006, The University of Melbourne, School of Historical Studies Monash University, Master of Public History  
Disponível em:  
<[http://mdhs.unimelb.edu.au/sites/mdhs/files/Harry%20Brookes%20Allen%20Museum%20Plaster%20Anatomical%20Models\\_Lucy%20Spencer.pdf](http://mdhs.unimelb.edu.au/sites/mdhs/files/Harry%20Brookes%20Allen%20Museum%20Plaster%20Anatomical%20Models_Lucy%20Spencer.pdf)> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

STEVENS R. D.; ROBINSON A. J.; GOBLE C. A. myGrid: personalised bioinformatics on the information grid. *Bioinformatics* 2003;19 Suppl 1:i302-4.

STUDER, R., BENJAMINES, V., FENSEL, D. "Knowledge Engineering: Principles and Methods", 1998, *Data and Knowledge Engineering*, vol. 25, pp 161-197.

SUGAND, K.; ABRAHAMS, P.; KHURANA, A., The anatomy of anatomy: a review for its modernization, *Anat Sci Educ.*, 2010, 3(2): 83-93

TRELEASE, R. B., Anatomical informatics: millennial perspectives on a newer frontier, *Anat. Rec.*, 269:224-35, 2002

TRIESCHNIGG D., Proof of Concept, Concept-based Biomedical, Information Retrieval, 2010.  
Disponível em: <[http://doc.utwente.nl/72481/1/thesis\\_R\\_Trieschnigg.pdf](http://doc.utwente.nl/72481/1/thesis_R_Trieschnigg.pdf)> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

VARMUS, H.; in collaboration with LIPMAN, D.; BROWN, P E-BIOMED: A Proposal for Electronic Publications in the Biomedical Sciences, 1999. Disponível em: <<http://www.nih.gov/about/director/pubmedcentral/ebiomedarch.htm>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

VARRI, A.; KEMP B.; PENZEL, T.; SCLOGL, A. Standards for biomedical signal databases, 2001, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, ISSN: 0739-5175, Digital Object Identifier : 10.1109/51.932722.  
Disponível em: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=932722](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=932722)> Acesso restrito disponível em: 26 de Agosto de 2012.

VHP, The Visible Human Project, 1994, U.S. National Library of Medicine, The University of Michigan.  
Disponível em: <[http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible\\_human.html](http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html)> Acesso em: 16 de Setembro de 2012

VHP, The Visible Human Project, Sagittal 387 of Head Full Size, 2000, The University of Michigan.  
Disponível em:

<<http://vhp.med.umich.edu/images/head/fullsize/Sagittal/Sagittal.387.high.jpg>> Acesso em: 16 de Setembro de 2012

WCAG, Web Content Accessibility Guidelines, 2008, W3C Recommendation 11 December 2008.  
Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

WEINBERGER, E.; JAKOBOVITS, R.; HALSTED, M. MyPACS.net: A Web-Based Teaching File Authoring Tool, 2002, AJR 2002;179:579–582, 0361–803X/02/1793–579, American Roentgen Ray Society  
Disponível em: <<http://www.ajronline.org/content/179/3/579.full.pdf+html>> Acesso disponível em: 26 de Agosto de 2012.

WILEY, D. A. The Instructional Use of Learning Objects, , 2000, Agency for Instructional Technology and the Association for Educational Communications and Technology, 298pp  
Disponível em: <<http://reusability.org/read/>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

W3C, Semantic Web Activity Statement, World Wide Web Consortium Web, 2001  
Disponível em: <<http://www.w3.org/2001/sw/Activity.html>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

W3C, Services Activity Statement, World Wide Web Consortium Web, 2002  
Disponível em: <<http://www.w3.org/2002/ws/Activity>> Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

W3TECHS, Extensive and Reliable Web Technology Surveys, 2012, Historical trends in the usage of client-side programming languages for websites  
Disponível em: <[http://w3techs.com/technologies/history\\_overview/client\\_side\\_language/all](http://w3techs.com/technologies/history_overview/client_side_language/all)> Acesso em 1 de outubro de 2012

YOUNGBLOOD, P.; HARTER P.M.; SRIVASTAVA , S.; MOFFETT, S.; HEINRICH, W.L.; DEV, P. 2008, Design, development, and evaluation of an online virtual emergency department for training trauma teams, Simul Healthcare

ZYGOTE, Zygote Body, 2010, Zygote Media Group.  
Disponível em: <<http://www.zygotebody.com/>>. Acesso em 1 de outubro de 2012

## APÊNDICES



## APÊNDICE 2: TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu estou plenamente de acordo com minha participação do projeto Avaliação de Bonecos Anatômicos 3D para Web, desenvolvido pelo aluno Thiago Henrique Ramos da Mata, sob a supervisão do professor Dr. André Barros de Sales.

Estou ciente de que o objetivo deste estudo é realizar um levantamento de critérios para avaliação de bonecos anatômicos 3D com foco no ensino com o foco no ensino na área de saúde ou aplicações médicas, com o objetivo de auxiliar na escolha do boneco mais adequado conforme cada contexto.

Estou esclarecido quanto ao compromisso dos pesquisadores de que minha imagem e identidade serão mantidas em absoluto sigilo, que estarão sendo respeitados os princípios contidos na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, e ainda, de que me será fornecida uma cópia deste “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”, caso requerido.

Tenho conhecimento de que não terei nenhum gasto decorrente em minha participação nesta pesquisa, bem como, de que não haverá nenhum ônus para os participantes.

Autorizo os autores a utilizarem os resultados desta pesquisa para divulgação em trabalhos no meio acadêmico e em publicações científicas. Sei que a participação neste estudo é voluntária, e que tenho liberdade de me recusar a participar ou de retirar meu consentimento a qualquer momento.

---

\_\_\_ / \_\_\_ / 2013, Brasília, DF

APÊNDICE 3: PONTUAÇÃO DOS REPOSITÓRIOS COMPARADOS COM A INTERFACE

**Tabela 5:** Pontuação dos Repositórios comparados com a Interface

Repositórios	Qualidade	Alinhamento	Resposta e Adaptação	Motivação	Apresentação	Usabilidade	Acessibilidade	Reusabilidade	Compatibilidade	Média	Desvio Padrão
ArrayExpress	5	3	1	3	3	5	1	3	2	2,89	1,45
Bioline	5	1	1	3	3	1	1	3	1	2,11	1,45
Biomed	5	5	5	5	3	3	1	3	1	3,44	1,67
DOAJ	5	3	1	3	3	5	1	3	1	2,78	1,56
Eprints	5	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1
MyPacs	5	5	5	3	5	3	1	3	2	3,56	1,51
NIH	5	3	1	3	5	1	1	3	1	2,56	1,67
Papyrus	5	5	1	3	3	3	1	3	1	2,78	1,56
PLOS	5	3	3	5	3	5	1	5	1	3,44	1,67
PubMed Central	5	5	5	3	5	3	3	5	2	4	1,22
Interface	5	5	3	5	5	5	3	5	3	4,33	1

APÊNDICE 4: PONTUAÇÃO DOS BONECOS ANATÔMICOS  
COMPARADOS COM A INTERFACE

**Tabela 6:** Pontuação dos Bonecos Anatômicos comparados com a Interface

Bonecos Anatômicos	Acessibilidade	Independência Tecnológica	Interatividade	Interoperabilidade	Licença	Navegabilidade	Realismo	Tridimensionalidade	Média	Desvio Padrão
Anatomography	2,81	5	3	4	4	5	3	3	3,73	0,91
Anatomy Tv	1,42	1	4	0	1	3	3	5	2,30	1,72
BioDigital Human	3,2	4	4	5	2	4	3	5	3,78	1,02
HealthLine Body	1,87	4	2	0	3	3	3	1	2,23	1,29
InteractElsevier	1,02	0	2	0	1	4	4	5	2,13	1,96
Visible Human	1,72	3	0	1	4	1	5	0	1,97	1,85
Zygote Body	1,5	5	2	2	0	4	2	3	2,44	1,55
Interface	3	5	3	5	0	5	4	3	3,50	1,69

# APÊNDICE 5: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE BONECOS ANATÔMICOS WEB 3D

## QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE CRITÉRIOS

### Avaliação de Bonecos Anatômicos 3D para Web

A utilização de **bonecos anatômicos virtuais** tem conquistado espaço no ensino das ciências de saúde. Sua utilização auxilia no estudo médico de anatomia e na simulação de pacientes com patologias, doenças agudas e traumas. As tecnologias recentes tornaram possível o surgimento de vários bonecos anatômicos virtuais tridimensionais de acesso Web.

Realizou-se então, a definição de critérios para a avaliação e escolha destes bonecos com o foco no ensino na área de saúde ou aplicações médicas com o objetivo de auxiliar na escolha do boneco mais adequado conforme cada contexto. Este questionário visa avaliar a qualidade destes critérios. Para preenche-lo é necessário aceitar o termo de consentimento abaixo.

## CRITÉRIOS

#### ✓ navegabilidade

Navegabilidade ou Aspecto de Navegação Efetiva é uma teoria de navegação em espaços de informação que explora algumas questões básicas em como se movimentar e encontrar dados em estruturas de informação diversas. O foco é particularmente voltado para questões que surgem quando tais estruturas são muito grandes, e as interações são seriamente limitadas pelo tamanho do espaço disponível e pelo tempo.

#### ✓ interatividade

Interatividade consiste na capacidade da troca de informações e requisições entre o usuário e o sistema e na qualidade dessa troca, no aprendizado da máquina a partir desta troca, na duração destas mensagens e do tempo entre elas.

#### ✓ tridimensionalidade

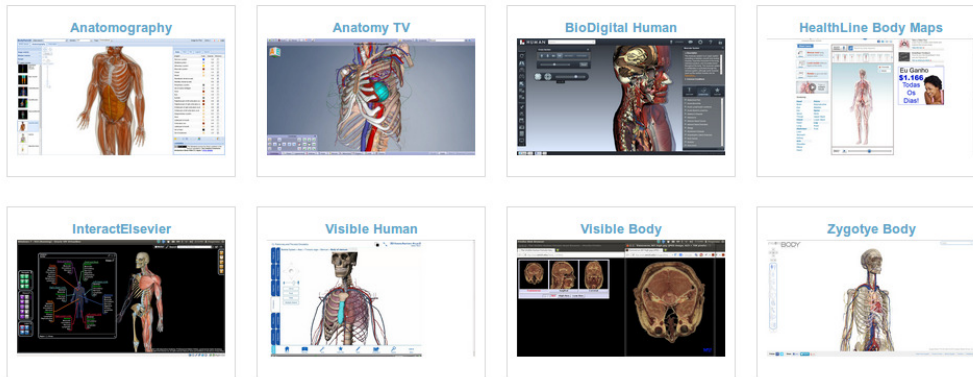
A tridimensionalidade engloba a interação 3D, as técnicas para manipulação de objetos e manipulação de pontos de vista e controle de aplicação. Também chamada Interação 3D Adaptativa, ela busca entre outras vantagens acelerar a interação, diminuir a carga cognitiva e tornar a interação mais adaptativa. Tornando assim a computação mais ubíqua e com novas possibilidades de interação.

#### ✓ realismo

O realismo avalia o quão próximo de uma dissecação real a imagem gerada pode ser. Ele favorece maior imersão do estudante, com todas as vantagens dela decorrentes. Além disso, o realismo instrui o aluno em como proceder durante a situação real.



## BONECOS ANATÔMICOS



### Termo de Consentimento

Eu estou plenamente de acordo com minha participação do projeto Avaliação de Bonecos Anatômicos 3D para Web, desenvolvido pelo aluno Thiago Henrique Ramos da Mata, sob a supervisão do professor Dr. André Barros de Sales.

Estou ciente de que o objetivo deste estudo é realizar um levantamento de critérios para avaliação de bonecos anatômicos 3D com foco no ensino com o foco no ensino na área de saúde ou aplicações médicas, com o objetivo de auxiliar na escolha do boneco mais adequado conforme cada contexto.

Estou esclarecido quanto ao compromisso dos pesquisadores de que minha imagem e identidade serão mantidas em absoluto sigilo, que estarão sendo respeitados os princípios contidos na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, e ainda, de que me será fornecida uma cópia deste "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido", caso requerido.

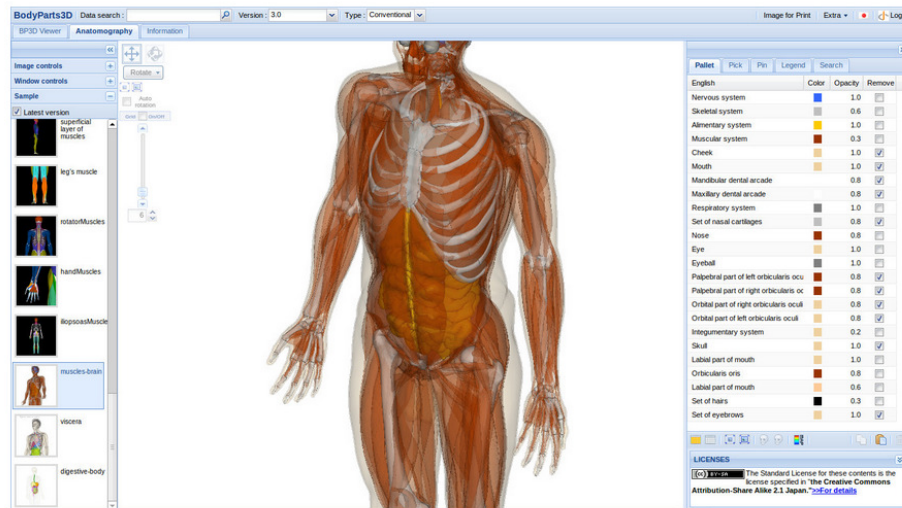
Tenho conhecimento de que não terei nenhum gasto decorrente em minha participação nesta pesquisa, bem como, de que não haverá nenhum ônus para os participantes.

Autorizo os autores a utilizarem os resultados desta pesquisa para divulgação em trabalhos no meio acadêmico e em publicações científicas. Sei que a participação neste estudo é voluntária, e que tenho liberdade de me recusar a participar ou de retirar meu consentimento a qualquer momento.

Li e concordo com o Termo de Consentimento.

Responder  
Questionário

## Anatomography



### Anatomography

<http://lifesciencedb.jp/bp3d/>



Anatomography é um site interativo que oferece suporte à geração de diagramas anatômicos e animações do corpo humano.

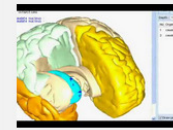
### Video 1

Introduction to BodyParts3D / Anatomography, part 1

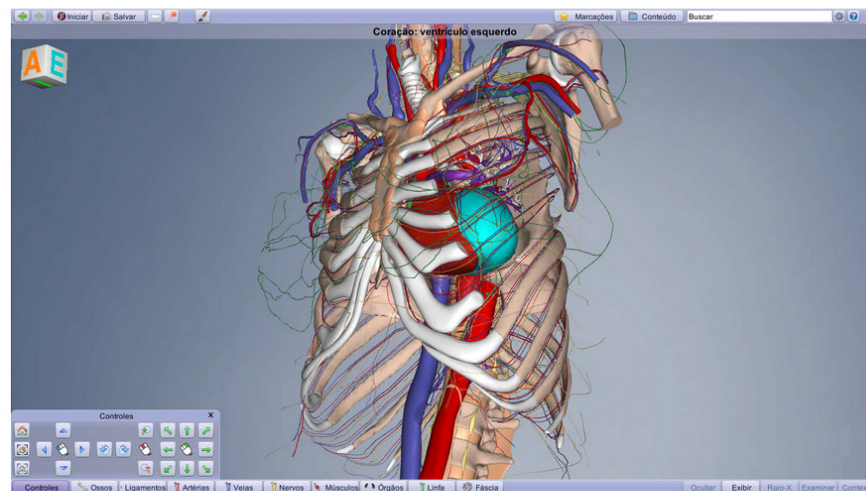


### Video 2

BodyParts3D and Anatomography



## Anatomy TV



### Anatomy TV

<http://www.anatomy.tv/default.aspx>



Anatomy Tv é um modelo da anatomia humana criado pela primalpictures.com.

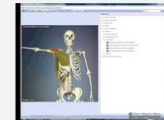
### Video 1

Anatomy & Physiology Online Video

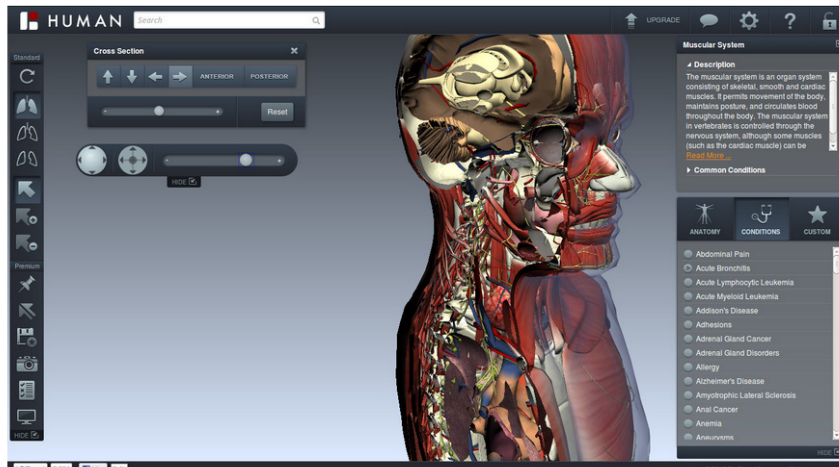


### Video 2

Anatomy TV



## BioDigital Human



### BioDigital Human

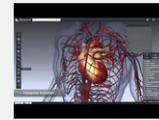
<https://www.biodigitalhuman.com/home/>



The Human BioDigital é um corpo virtual 3D que traz a vida milhares de objetos da anatomia e as condições de saúde medicamente precisos em uma plataforma interativa baseada na Web.

### Video 1

BioDigital Human - features

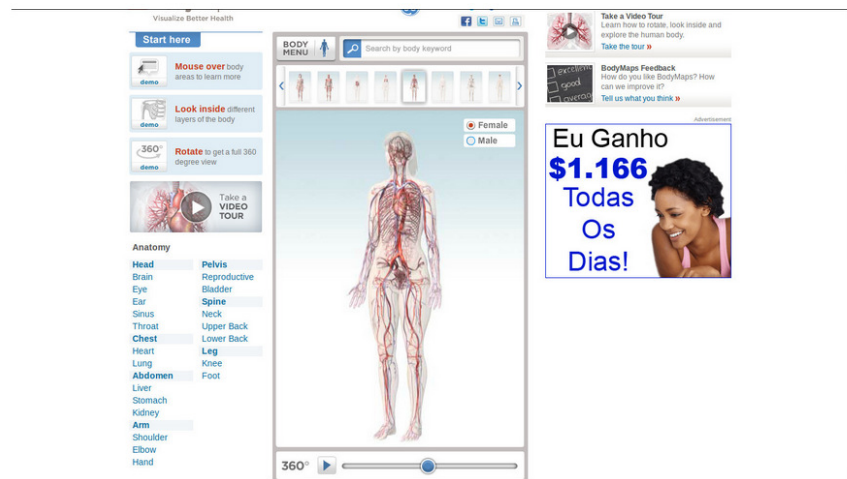


### Video 2

BioDigital Human 1.0: Explore the Body in 3D!



## HealthLine Body Maps



### HealthLine Body Maps

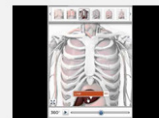
<http://www.healthline.com/human-body-maps>



HealthLine Body Maps é uma ferramenta de busca visual interativa que permite aos usuários explorarem o corpo humano em 3D.

### Video 1

Healthline BodyMaps Tour

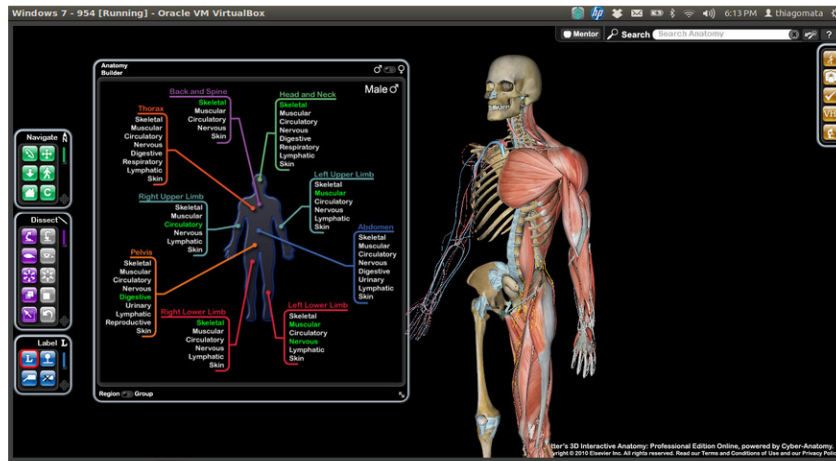


### Video 2

Dr. Michael Roizen on BodyMaps



## InteractElsevier



### InteractElsevier

<http://www.interactelsevier.com/users/new?trial=true>



InteractElsevier um modelo anatomico 3D, gerado por computador usando a tecnologia de jogos para a aprendizagem, revisão, ensino de anatomia.

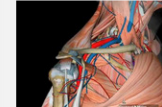
### Video 1

InteractElsevier 2010 Release

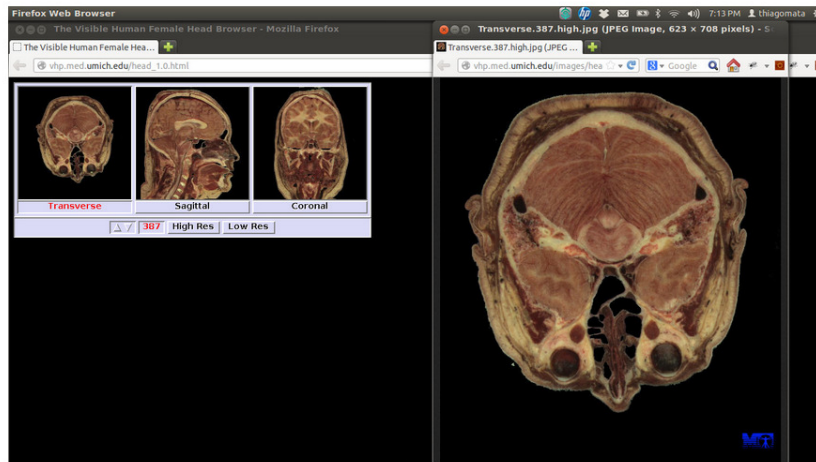


### Video 2

Interactive Anatomy and Elsevier's 3D Interactive Anatomy



## Visible Body



### Visible Body

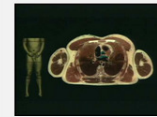
<http://www.visiblebody.com>



Um mergulho 3D interativo dentro do corpo humano.

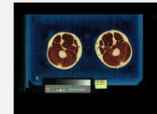
### Video 1

Visible Human Overview



### Video 2

The visible human project (HQ)

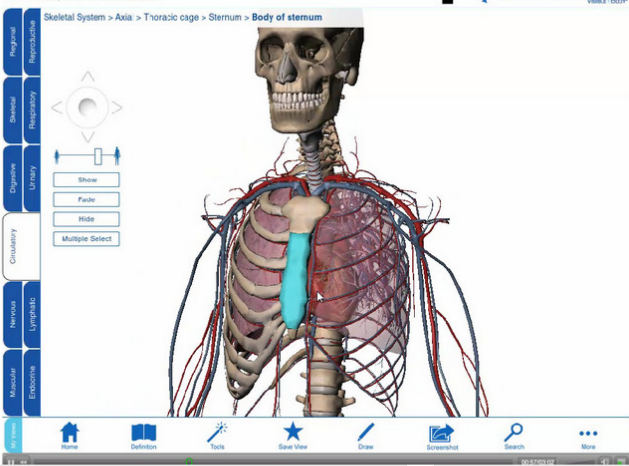


## Visible Human

10. Pulmonary and Thoracic Circulation

Skeletal System > Axia > Thoracic cage > Sternum > **Body of sternum**

3D HUMAN ANATOMY ATLAS 2



**Visible Human**

[http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible\\_human.html](http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html)

O Visible Human é uma representação completa, anatomicamente detalhada e 3D do corpo humano

**Video 1**

Visible Body Enhanced: Short Tutorial

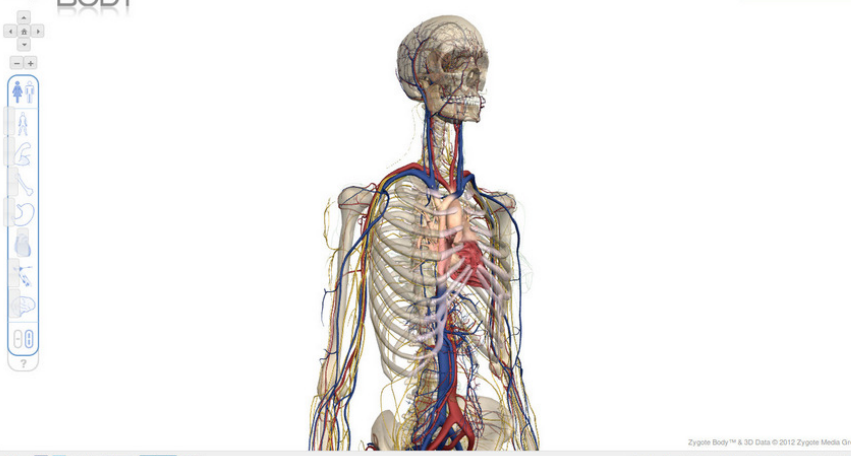
**Video 2**

Visible Body Enhanced: Long Tutorial

## Zygotye Body

ZYGOTE BODY

Search



Zygotye Body™ & 3D Data © 2012 Zygotye Media Group, Inc.

Follow | Share | Like | Tweet

**Zygotye Body**

<http://www.zygotybody.com/>

Zygotye Body, anteriormente também chamado de Google Body, é uma aplicação web da Zygotye Media Group que desenha modelos 3D manipuláveis do corpo humano.

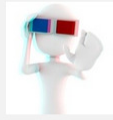
**Video 1**

Demo showing the Zygotye Body

**Video 2**

Tutorial do Zygotye Body

## Tridimensionalidade



A tridimensionalidade engloba a interação 3D, as técnicas para manipulação de objetos e manipulação de pontos de vista e controle de aplicação. Também chamada Interação 3D Adaptativa, ela busca entre outras vantagens acelerar a interação, diminuir a carga cognitiva e tornar a interação mais adaptativa. Tomando assim a computação mais ubíqua e com novas possibilidades de interação.

- A Interface não permite movimentos de câmera.
- A Interface permite movimentos de câmera de rotação ao redor do boneco anatômico.
- A Interface permite movimentos de câmera de aproximação ou distanciamento do elemento anatômico selecionado ou do boneco.
- A Interface permite movimentos de rotação no eixo X-Y e no eixo Y-Z em relação ao boneco ou ao elemento anatômico selecionado e movimentos nos planos X, Y e Z.
- A Interface permite o usuário realizar cortes nos elementos nos ângulos dos eixos, podendo ter uma visão interna destes e navegar sobre o corte.
- A Interface permite o usuário observar, navegar e cortar livremente tanto o elementos isolados quanto o boneco sem alguns elementos selecionados.

## Interatividade



Interatividade consiste na capacidade da troca de informações e requisições entre o usuário e o sistema e na qualidade dessa troca, no aprendizado da máquina a partir desta troca, na duração destas mensagens e do tempo entre elas.

- A Interface não permite nenhum tipo de interação com o boneco anatômico.
- A Interface permite selecionar elementos.
- A Interface permite a observação do elemento selecionado isolada ou em conjunto com os demais.
- A Interface permite animações dos elementos.
- A Interface permite a simulação de doenças, quadros clínicos ou intervenções.
- A Interface permite a simulação de cenários interativos que se alterem conforme procedimentos tomados pelo usuário, como, por exemplo, reduzir o batimento cardíaco do boneco paciente com um medicamento.

## Navegabilidade



Navegabilidade ou Aspecto de Navegação Efetiva é uma teoria de navegação em espaços de informação que explora algumas questões básicas em como se movimentar e encontrar dados em estruturas de informação diversas. O foco é particularmente voltado para questões que surgem quando tais estruturas são muito grandes, e as interações são seriamente limitadas pelo tamanho do espaço disponível e pelo tempo.

- A Interface não possibilita que nenhum tipo de navegação seja feita pelo usuário no boneco anatómico.
- A Interface permite ao usuário escolher o elemento anatómico buscado.
- A Interface permite navegar de um elemento anatómico para outros numa lista fechada em que a lista esteja integrada ao boneco ou próxima deste.
- A Interface permite se navegar entre elemento fisicamente próximos e navegar de um elemento anatómico para os seus elementos filhos ou pais.
- A Interface permite, além da navegação entre elementos pais, filhos e por proximidade, a navegação por sistemas padrões pré-determinados, tais como sistemas circulatório e digestivo.
- A Interface permite, além da navegação pelos vínculos padrões - pais e filhos e sistemas - navegação por outros vínculos.



O realismo avalia o quão próximo de uma dissecação real a imagem gerada pode ser. Ele favorece maior imersão do estudante, com todas as vantagens dela decorrentes. Além disso, o realismo instrue o aluno em como proceder durante a situação real.

- A imagem dos elementos anatómicos é altamente simplificada, apresentando tamanhos irrealis ou de baixa resolução.
- A imagem dos elementos anatómicos apresenta uma coloração única aproximada da coloração real média do elemento.
- A imagem dos elementos anatómicos apresenta texturização sem densidade, conseguindo assim apresentar diferentes cores conforme a região do elemento.
- A imagem dos elementos anatómicos apresenta texturização com densidade - bump mapping - para maior aproximação com o elemento real.
- A imagem da anatomia simulada, para ser mais próxima ao corte real utiliza de todos os recursos de texturização, coloração, sombreamento, transparência, brilho, geometria, difusão, densidade e dispersão.
- A imagem dos elementos anatómicos combina fotos de cortes reais de dissecação com informações 3D para a geração da imagem de alta qualidade.

## APÊNDICE 6: DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS PARA AVALIAR BONECOS ANATÔMICOS 3D NA WEB PARA ENSINO NA ÁREA DA SAÚDE OU APLICAÇÕES MÉDICAS

MATA, T. .H. R., SALES, A. B.; Definição de critérios para avaliar bonecos anatômicos 3D na web para ensino na área da saúde ou aplicações médicas. Extensio: Revista Eletrônica de Extensão, Local de publicação, doi:10.5007/1807-0221.2012v9n14p44 9, mar. 2013.

Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/extensio/article/view/1807-0221.2012v9n14p4>>. Acesso em: 24 Jun. 2013.



## Definição de critérios para avaliar bonecos anatômicos 3D na web para ensino na área de saúde ou aplicações médicas

Thiago Henrique Mata  
Universidade de Brasília  
[thiago.henrique.mata@gmail.com](mailto:thiago.henrique.mata@gmail.com)

André Barros Sales  
Universidade de Brasília  
[andrebdes@unb.br](mailto:andrebdes@unb.br)

### Resumo

A utilização de bonecos anatômicos virtuais tem conquistado espaço no ensino das ciências de saúde. Sua utilização auxilia no estudo médico de anatomia e na simulação de pacientes com patologias, doenças agudas e traumas. As tecnologias recentes tornaram possível o surgimento de vários bonecos anatômicos virtuais tridimensionais de acesso *Web*. Realizou-se, então, a definição de critérios para a avaliação e escolha desses bonecos com o foco no ensino na área de saúde ou aplicações médicas, com o objetivo de auxiliar na escolha do boneco mais adequado conforme cada contexto. Para tal, foram levantados alguns *frameworks* de avaliação relacionados ao tema e então desenvolvidos os critérios de avaliação e seus níveis de pontuação, até finalmente avaliarem-se os bonecos anatômicos encontrados. Como resultado, foram definidos os critérios de navegabilidade, tridimensionalidade, interatividade e realismo, cada um destes podendo receber pontuação de 0 a 5. Entre os bonecos avaliados, os bonecos *BioDigital Human* e *Anatomography* foram os que obtiveram as melhores pontuações ao todo, 16 pontos, ou 80%. No quadro geral, os bonecos apresentaram uma pontuação média de 2,78 pontos, ou 55,56%, com desvio padrão de 1,56.

**Palavras-chave:** Critérios de avaliação. Bonecos anatômicos *Web* 3D. Dissecção virtual. Ensino de anatomia.

## Criteria for the comparison of usability and accessibility of anatomical 3d web interfaces

### Abstract

The use of virtual anatomical manikin has reached within the health science education. Its use helps in the study of anatomy and medical simulation in patients with pathologies, acute illnesses and injuries. Recent technologies have made possible the availability of several virtual three-dimensional anatomical manikins in the Web. The next step was the definition of criteria for evaluation and selection of these manikins with the focus on the education in healthcare or medical applications in order to assist in choosing the most appropriate manikin as each setting. For this, we collected some assessment frameworks related to the topic and then developed the evaluation criteria and scoring levels, and finally was evaluated the anatomic manikins found. Then, we defined the criteria for navigability, three-dimensionality, interactivity and realism, each of which may receive score 0-5. Among the assessed manikins, the Human BioDigital and Anatomography were the ones with the best scores overall, 16 points or 80%. In the big picture, the manikins had a mean score of 2.78 points or 55.56% with a standard deviation of 1.56.

**Keywords:** Evaluation criteria. Web 3D anatomical mannequins. Virtual dissection. Teaching anatomy.

## INTRODUÇÃO

O estudo da anatomia humana tem sido feito por estudantes de medicina por dissecação de cadáveres há séculos [1]. A utilização de bonecos anatômicos para auxiliar nesses estudos na área de saúde tem se desenvolvido muito ao longo destes anos. Na Europa, entre 1500 e 1800, é observado o uso de manequins de marfim e madeira, com maior ou menor detalhamento anatômico. Esses primeiros bonecos objetivavam mais satisfazer a curiosidade pública e auxiliar na explicação de diagnósticos aos pacientes do que ao estudo de fato da medicina [2]. Desde então, alguns modelos anatômicos mais realistas têm sido utilizados tanto no ensino da medicina quanto para reforçar ou corrigir ideias médicas de como o corpo e a mente funcionam. Entre estes, vale destacar a Mulher Transparente, de 1950, a Vênus da Medicina de *La Specola* em Florença, de 1775, e a Vênus Anatômica de Barcelona, da segunda metade do século XIX [3][4].

Alguns desses modelos foram feitos extremamente realistas, na intenção de trazer ao estudante parte do impacto que acontecerá na interação do médico com o corpo humano real [5]. Em 1980, Richard Rush cria uma versão mais simplificada dos seus Bonecos Anatômicos Transparentes – *Transparent Anatomical Manikin* (TAM) [4] – para uma representação mais didática e menos realista do corpo humano de modo a evitar as reações extremas dos modelos mais realistas [6]. Muitos modelos, similares a estes, são utilizados hoje em salas de aula em todo mundo.

Atualmente, com o avanço da tecnologia, foi possível a criação de novos bonecos anatômicos virtuais e simuladores de pacientes. Alguns deles, com respostas realistas, humanas e fisiológicas à doença aguda, ao trauma e às intervenções, permitindo elevado realismo nas simulações, o que favorece maior imersão do estudante, com todas as vantagens dela decorrentes [7][8]. Existem alguns desses bonecos anatômicos virtuais que podem ser acessados via *Web*, podendo, assim, serem utilizados por um grande número de usuários remotamente, simultaneamente, de modo rápido, multiplataforma e seguro.

Os bonecos anatômicos virtuais diferenciam-se entre si em vários aspectos, tanto em funcionalidades apresentadas quanto em limitações ou restrições. Para um melhor aproveitamento dessa tecnologia, além de adequarem-se os momentos em que a ferramenta

será utilizada no currículo, pode ser necessário saber escolher apropriadamente a ferramenta mais adequada a cada contexto.

Este trabalho busca propor um conjunto de critérios objetivos de avaliação dos bonecos anatômicos, com foco na aprendizagem, para auxiliar na escolha dos bonecos a serem utilizados no ensino na área de saúde e aplicações médicas. Está estruturado da seguinte maneira: no tópico II, é descrito como tem sido o uso de interfaces anatômicas na área da saúde; no tópico III, é descrito como funcionam as interfaces anatômicas *Web* e é feito um levantamento das interfaces encontradas; no tópico IV, são descritos os materiais e métodos utilizados; no tópico V, é feita a conclusão avaliando-se os resultados obtidos; e, por fim, no tópico VI, são levantados os trabalhos futuros.

## Uso de interfaces anatômicas na ÁREA DE SAÚDE

Muitas universidades têm migrado horas do estudo anatômico via dissecação para o estudo anatômico utilizando bonecos virtuais [9], principalmente para o ensino e visualização da disposição de estruturas complexas [10][11][12]. Enquanto alguns pesquisadores defendem essa utilização de computadores [13], muitos educadores defendem que o ensino de anatomia utilizando o corpo dissecado é incomparável [14][15][16]; outros defendem a integração dos dois métodos [17][18]. Maldonado-Zimbrón et al. [19] ressaltam que algumas ferramentas de bonecos anatômicos virtuais, tais como o *Visible Human Body* [20], têm buscado utilizar novas técnicas, de modo a permitirem ao estudante apreciar de modo mais realista e detalhado as regiões de estudo.

Hasan et al. [9] ressaltam que a dissecação tradicional e a virtual são abordagens de ensino diferentes,

em que cada uma apresenta seus pontos fortes. Cada uma dessas trabalha com algumas das características que são todas necessárias para o desenvolvimento das habilidades práticas, teóricas e éticas entre os estudantes. Eles ressaltam ainda que, mesmo com os avanços tecnológico que estão por vir, a interação com os bonecos por meio dos computadores ainda ocorre no meio artificial e sintético. Assim, segundo eles, uma simulação de computador e tecnologia nunca conseguirá se igualar à “realidade milagrosa” do corpo humano.

É preciso então equilibrar a utilização desses métodos conforme o modo de ensino, o currículo, pessoal qualificado e infraestrutura disponível [7]. Martins et al. [7] ressaltam que, salvo o caso em que a simulação seja inviável, não existe justificativa para que estudantes treinem diretamente em pessoas reais, muitas vezes vulneráveis pela própria doença.

A utilização de bonecos virtuais no espaço tridimensional – largura ou eixo X, altura ou eixo Y e profundidade ou eixo Z – 3 Dimensões (3D) – tem-se mostrado como um modo eficaz no ensino de anatomia e medicina [21]. Os modelos virtuais 3D apresentam mais fácil distribuição em relação aos modelos físicos. A utilização de modelos virtuais 3D auxilia na compreensão e navegação de elementos físicos [22]. Além disso, os bonecos 3D virtuais podem ser adaptados para apresentarem características de determinados quadros clínicos, com realismo, interatividade e outras vantagens que são muito mais complexas, quando não impossíveis, de serem realizadas em um boneco estático concreto. Assim, bonecos anatômicos virtuais 3D são úteis em simulações, treinamentos, prototipagens virtuais, telepresença, teleoperação e realidade ampliada [23].

### BONECOS ANATÔMICOS 3D na WEB

Com a popularização de placas de vídeo de alta capacidade e o desenvolvimento de novas tecnologias *Web*, várias opções de bonecos virtuais 3D via *Web* se tornaram disponíveis. A utilização do navegador como plataforma viabiliza mais fácil distribuição da solução, de modo multiplataforma e seguro.

Várias aplicações *Web* 3D têm surgido, fazendo uso dessas novas tecnologias, entre elas, bonecos anatômicos virtuais. Esses bonecos têm auxiliado no ensino e na prática da medicina conforme descrito no tópico anterior. Durante essa pesquisa, os seguintes bonecos anatômicos virtuais *Web* foram encontrados: *Anatomography*, *Anatomy Tv*, *BioDigital Human*, *HealthLine Body Maps*, *InteractElsevier*, *Visible Body*, *Visible Human* e *Zygote Body*. Logo, tendo em vista a vasta gama de opções que surge continuamente, torna-se necessária a criação de critérios objetivos de classificação desses bonecos para o ensino na área de saúde ou em aplicações médicas. Buscaram-se aqui, critérios que fossem possíveis de serem pontuados previamente e independentemente do contexto ou do avaliador. Isso, tendo em vista que utilizar cada um dos muitos bonecos no cenário real, integrados a solução de ensino, com vários grupos de alunos no ambiente de aprendizagem, tornaria essa decisão, embora mais bem fundamentada, muito mais demorada e complexa. Assim, busca-se aqui, utilizando-se de critérios bem definidos, a seleção prévia de alguns bonecos virtuais para então serem realizados os testes de aprendizagem e usabilidade com tais bonecos.

### Material e Métodos

Conforme descrito previamente, devido à vasta gama de opções de bonecos virtuais para o estudo anatômico, fez-se necessária a definição de critérios objetivos de avaliação destes para aplicações na área de saúde e aplicações médicas. Para tal, foi adotada a seguinte metodologia: primeiramente, foi feito um levantamento dos *frameworks* que realizam pesquisas similares. Foram então tomados destes *frameworks* os requisitos que pudessem ser previamente e objetivamente avaliados. Após isso, foram pesquisadas quais são as características desejáveis a uma ferramenta de simulação anatômica, no ponto de vista do usuário, com o

objetivo de melhorar a aprendizagem. Essas características e requisitos encontrados foram então combinados em critérios que foram organizados em uma escala de pontuação.

Dev et al. [24] criaram uma aplicação *Web*, 3D e *on-line* para a educação médica. Eles criaram também critérios para a avaliação desta, a partir do *framework* de avaliação de novas tecnologias de aprendizagem em medicina de Youngblood et al. [25]. Esse *framework* tem o foco na experiência do usuário com atividades de beta-teste, revisão do conteúdo por especialistas, testes de usabilidade, testes de validação, avaliação dos resultados da aprendizagem, integração curricular e transferência do aprendizado para a prática clínica. Na adaptação de Dev et al. [24], o elemento beta-testes foi substituído pelo critério de qualidade: robustez do sistema. Ambos os conjuntos apresentam vários critérios em que a avaliação destes depende de testes da eficácia da solução de ensino quando utilizada pelos alunos, como integração curricular e transferência da aprendizagem para a prática clínica. Esses critérios, não são possíveis de serem previamente avaliados por meio de normas e padrões, conforme tem-se buscado nesta pesquisa.

Leacock e Nesbit [26] definem, no seu Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem – *Learning Object Review Instrument* (LORI), os seguintes itens de avaliação de um objeto de aprendizagem: qualidade do conteúdo, alinhamento com os objetivos, resposta e adaptação, motivação, projeto da apresentação, usabilidade, acessibilidade, reusabilidade e compatibilidade. Descrevem também como deve ser feita a pontuação de 1 a 5 para cada um desses itens. De modo semelhante ao *framework* de Dev et al. [24], o LORI apresenta alguns critérios que só podem ser avaliados após a definição do contexto envolvido, tais como o alinhamento com os objetivos e o nível apropriado de detalhes na qualidade do conteúdo. Apesar disso, alguns elementos dessa lista de critério podem ser completamente ou parcialmente avaliados de modo independente da aplicação. Entre eles, vale destacar:

- a veracidade e o detalhamento das informações conforme descritos no critério da qualidade do conteúdo;

- a capacidade de receber *feedback* e utilizar essa informação a fim de individualizar a experiência, conforme descritos no critério de resposta e adaptação;

- a capacidade de prender e manter a atenção dos alunos provendo informação relevante que vá além do nível superficial, conforme descrita no critério motivação.

- a capacidade de integrar textos, vídeos, recursos gráficos e mídias de áudio de modo adequado e coerente ao conteúdo, conforme descrita no critério da apresentação;

- a capacidade de prover uma interface de navegação ágil, previsível, intuitiva, com elementos interativos, conforme descrita no critério usabilidade;

- a adequação às normas e padrões do Consórcio da Rede de Amplitude Mundial – *World Wide Web Consortium* (W3C) – é descrita tanto no critério de acessibilidade quanto no critério de compatibilidade com as normas;

- a capacidade de integração facilitada é descrita no critério de reusabilidade.

Baseado nesses instrumentos de avaliação e buscando desenvolver critérios mais específicos para bonecos anatômicos 3D para *Web*, são propostos os seguintes critérios de avaliação:

#### **Navegabilidade**

Navegação é o processo de se mover de uma localização para outra selecionando entre as opções apresentadas por sucessivas bifurcações no caminho entre duas localizações [27]. Navegabilidade ou Aspecto de Navegação Efetiva é uma teoria de navegação em espaços de informação que explora algumas questões básicas, como movimentar-se e encontrar dados em estruturas de informação diversas. O foco é particularmente voltado para questões que surgem quando tais estruturas são muito grandes, e as interações são seriamente limitadas pelo tamanho do espaço disponível (por exemplo, o tamanho da tela) e pelo tempo (por exemplo, número de ações necessárias para chegar a algum lugar) [28]. Torres et al. [29] ressaltam a densidade (alta quantidade de informação sem saturação), a ubiquidade (uma mesma informação disponível em lugares distintos), a deslocação (capacidade de deslocar-se rapidamente no espaço virtual) e a hipertextualidade

(uma geometria que não tem a necessidade de páginas, mas na qual as palavras vão se abrindo, à medida que se fixa a atenção nelas, sendo utilizadas para abrir novas conexões), entre as características do espaço digital descritas por De Las Heras [30]. Características essas intrinsecamente ligadas à navegabilidade.

Essa relação entre os elementos por vínculos pode ser representada por um grafo em que os elementos são os nós, ou vértices, e os vínculos são as retas, ou arestas. Desse modo, o usuário pode consultar no boneco as informações no detalhamento desejado, além de poder navegar entre elementos de seu interesse a partir de vínculos preestabelecidos.

Assim, nesta pesquisa, o item navegabilidade deve avaliar as funcionalidades disponíveis para se selecionar um elemento, para ir de um elemento selecionado a outro relacionado por diferentes tipos de vínculos. Obtém-se assim uma interface de navegação ágil, previsível e intuitiva, com elementos interativos, conforme o recomendado por Leacock e Nesbit [26].

### **Interatividade**

Interatividade consiste na capacidade da troca de informações e requisições entre o usuário e o sistema e na qualidade dessa troca, no aprendizado da máquina a partir dessa troca, na duração dessas mensagens e do tempo entre elas [31]. A possibilidade de interatividade é uma das vantagens do boneco anatômico virtual [23], sendo necessária para simulações de instruções [7]. Ela possibilita à ferramenta personalizar a experiência com o usuário. Elementos interativos são colocados como critério de pontuação para usabilidade, recomendada por Leacock e Nesbit [26]. Assim, nesta pesquisa, o item da interatividade deve avaliar a capacidade da ferramenta de personalizar a experiência com o usuário, de simular cenários e de apresentar diferentes respostas conforme o usuário interage com o boneco nesses cenários.

### **Tridimensionalidade**

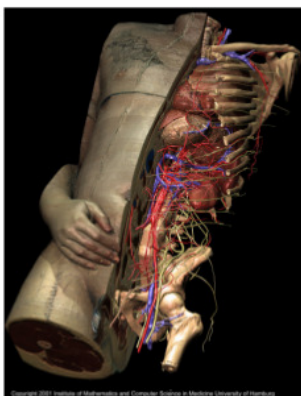
Tridimensionalidade engloba a interação 3D, as técnicas para manipulação de objetos e manipulação de pontos de vista e controle de aplicação. A *3D Interaction Adaptation* – Interação 3D Adaptativa – ainda é um tema em aberto, em que algumas das vantagens buscadas são: acelerar a interação, diminuir a carga cognitiva – como uma forma de computação mais ubíqua – e tornar a interação mais adaptativa, para adicionar ou gerenciar possibilidades de interação [32].

Nielsen [22] recomenda a utilização de interfaces 3D para situações em que é importante a observação do objeto físico que precisa ser compreendido em sua forma sólida. Assim, para viabilizar essa compreensão da forma, é importante que se faça uso das vantagens de uma interface 3D, como movimento de câmera, de elemento, realização de cortes e navegação dentro de elementos.

### **Realismo**

Segundo Martins et al. [7], o realismo, ambientação e a interatividade instruem o aluno como proceder durante a situação real. Um nível de detalhamento anatômico mais simples é por vezes criado com foco didático, enquanto o detalhamento realista auxilia no reconhecimento e exercício mais próximo da prática real do profissional de saúde [33]. Algumas abordagens para geração de modelos anatômicos realistas combinam fotos reais com elementos 3D virtuais para a criação de uma experiência dinâmica o mais realista possível. A Ilustração 1 é um exemplo do resultado dessa combinação:

Ilustração 1 – Combinação de imagem real com virtual.



Fonte: [http://www.voxel-man.de/gallery/visible\\_human/inner\\_organs/](http://www.voxel-man.de/gallery/visible_human/inner_organs/), 2012.

Conforme pode ser visto na Ilustração 1, enquanto o realismo de grande parte dos elementos se aproxima de uma dissecção real, alguns elementos são didaticamente destacados em cores para facilitar seu estudo. Assim, apesar de a imagem menos realista poder ser a mais adequada para alguns contextos [6], nesta pesquisa, o realismo avaliará quão próxima de uma dissecção real a imagem gerada pode ser. Isso, tendo em vista que o foco desta pesquisa é nas áreas de saúde e aplicações médicas em que o realismo é considerado necessário [7].

De modo similar ao realizado por Leacock e Nesbit [26], cada um desses critérios é detalhado em níveis de pontuação que vão de 0 até 5. Conforme previamente citado, todas as normas para avaliação da pontuação de um boneco foram criadas para que seja possível de serem pontuadas de modo independente do contexto da aplicação. Definiram-se assim as seguintes pontuações para cada um dos critérios:

**Navegabilidade:** Interfaces que não possibilitam nenhum tipo de navegação entre o usuário e o boneco anatômico devem receber pontuação 0. Interfaces que permitam ao usuário escolher o elemento anatômico buscado irão receber pontuação 1. Interfaces que permitem navegar de um elemento anatômico para os outros numa lista fechada em que a lista esteja integrada ao boneco ou próxima deste devem receber pontuação 2. Interfaces que permitam navegar nos elementos fisicamente próximos e navegar de um elemento anatômico para os seus elementos filhos ou pais devem receber pontuação 3. Interfaces que permitam, além da navegação entre elementos pais, filhos e por proximidade, a navegação por sistemas padrões predeterminados, tais como sistemas circulatório e digestivo, devem receber pontuação 4. Interfaces que permitam, além da navegação dos vínculos padrões – pais e filhos e sistemas padrões –, a navegação por outros vínculos devem receber pontuação 5.

**Interatividade:** Interfaces que não permitam nenhum tipo de interação com o boneco anatômico devem receber pontuação 0. Interfaces que permitem selecionar elementos devem receber pontuação 1. Interfaces que permitam a observação do elemento selecionado isolada ou em conjunto com os demais devem receber pontuação 2. As interfaces que permitam animações do elemento devem receber pontuação 3. Interface que permitam a simulação de doenças, quadros clínicos ou intervenções devem receber a pontuação 4. Interfaces que permitam a simulação de cenários médicos que se alterem conforme procedimentos tomados pelo usuário, como, por exemplo, o usuário poder aplicar um remédio que venha a reduzir o batimento cardíaco do boneco paciente, devem receber a pontuação 5.

Tridimensionalidade: Quando não houver nenhum movimento de câmera, a pontuação deve ser 0. Para bonecos com movimentos de câmera de rotação ao redor do boneco anatómico a pontuação deve ser 1. Interfaces que permitam movimento de câmera de aproximação ou distanciamento do elemento anatómico selecionado ou do boneco devem receber pontuação 2. Para movimentos de rotação no eixo X-Y e no eixo Y-Z em relação ao boneco ou ao elemento anatómico selecionado e movimentos nos planos X, Y e Z, as interfaces devem receber pontuação 3. Quando o usuário puder realizar cortes nos elementos nos ângulos dos eixos, podendo ter uma visão interna destes e navegar sobre o corte, a interface deve receber pontuação 4. Quando o usuário puder observar e navegar e cortar livremente tanto o elementos isolados quanto o boneco, sem alguns elementos selecionados, a interface deve receber a pontuação 5.

Realismo: Bonecos anatómicos em que a imagem dos elementos anatómicos é altamente simplificada, apresentando tamanhos irreais ou de baixa resolução, devem receber pontuação 0. Bonecos anatómicos em que os elementos apresentam uma coloração única aproximada da coloração real média do elemento, como a cor do crânio ser única e próxima ao cinza enquanto a do estômago ser próxima ao vermelho, por exemplo, devem receber pontuação 1. Bonecos anatómicos em que os elementos anatómicos apresentam texturização sem densidade, conseguindo assim apresentar diferentes cores conforme a região do elemento, devem receber pontuação 2. Quando a imagem dos elementos anatómicos apresentar texturização com densidade – *bump mapping* – para maior aproximação com o elemento real, o boneco deve receber pontuação 3. Para bonecos anatómicos em que a imagem da anatomia simulada, para ser mais próxima ao corte real, utiliza todos os recursos de texturização, coloração, sombreamento, transparência, brilho, geometria, difusão, densidade e dispersão para gerar uma simulação de alta qualidade, deve receber pontuação 4. Bonecos com fotos de cortes reais de dissecação, combinadas com informações 3D para a geração da imagem de alta qualidade [34], devem receber pontuação 5.

Utilizando os critérios definidos acima, foram avaliadas as interfaces anatómicas citadas anteriormente: *Anatomography*, *Anatomy Tv*, *BioDigital Human*, *HealthLine Body Maps*, *InteractElsevier*, *Visible Body*, *Visible Human* e *Zygote Body*.

## Resultados e análise

A utilização de interfaces anatómicas virtuais têm se mostrado como mecanismo eficiente para auxiliar o ensino de anatomia e medicina [21]. Além disso, conforme Martins et al. [7], o realismo, a ambientação e a interatividade provida pela interface anatómica instruem o aluno como proceder durante a situação real. [35].

A avaliação dos resultados obtidos auxiliou na compreensão de quais são os pontos satisfatoriamente observados e mais deficientes nas ferramentas atuais, tanto individualmente quanto como em grupo. Para contextos nos quais todos os itens apresentam a mesma importância, os bonecos anatómicos *BioDigital Human* e *Anatomography* foram os que conseguiram as maiores pontuações totais, 16 pontos, 80,00%. Os bonecos anatómicos *Visible Human* e *HealthLine Body Maps* foram os que conseguiram as menores pontuações totais, 6 pontos, 30,00%.

Além de observar as interfaces com maiores pontuações em cada item, é importante perceber quais são os itens que já são bem pontuados na média. A maior limitação foi observada nos critérios da interatividade, com média de 2,11 pontos, 42,22%, máxima de 4 pontos, mínima de 0 ponto e desvio padrão de 1,30. No critério da navegabilidade, a média foi 3,11 pontos, 62,22%, máxima 5 pontos, mínima 1 ponto e desvio padrão de 1,20. No critério do realismo, a pontuação média foi 2,67 pontos, 53,33%, máxima de 5 pontos, mínima de 0 ponto e desvio padrão de 1,51. A tridimensionalidade é o critério que sofre a maior variação com desvio padrão de 2,07, média de 3,22 pontos, 64,44%, máxima de 5 pontos e mínima de 0 ponto.

### Considerações Finais

A utilização de bonecos anatômicos virtuais 3D via *Web* para o ensino na área de saúde ou em aplicações médicas já é uma realidade. Observando critérios como navegabilidade, interatividade, tridimensionalidade e realismo, pode-se notar que nesta análise prévia os bonecos anatômicos estão apresentando, em média, uma pontuação regular, 55,56%, mas com opções que chegam a pontuar 16 pontos, 80,00%. Provam, assim, existirem opções apropriadas para serem utilizadas de modo isolado ou integrado a *softwares*, na criação de soluções para educação e pesquisa médicas.

Como a escolha do boneco afeta diretamente fatores de navegabilidade, interatividade, tridimensionalidade e realismo, é interessante fazer a definição de qual o peso desejado na pontuação desses critérios a partir do contexto e escolher o boneco anatômico melhor pontuado. Outros critérios, como Licença de Software, Termos de Uso, Interoperabilidade de Sistemas e Independência Tecnológica, são questões que podem ser relevantes também para a seleção de um boneco anatômico 3D e que talvez também possam ser avaliados de modo independente do contexto e previamente à escolha do boneco, tal como os critérios aqui descritos. A avaliação dos bonecos mais bem pontuados integrados à ferramenta de ensino pode ser adequada para realizar os demais testes de usabilidade e de interface do LORI.

A avaliação aqui realizada manteve o foco nas interfaces para interação homem-computador disponíveis nos computadores pessoais: monitor, teclado e mouse. Pode-se ampliá-la com o uso de tecnologias que têm recentemente se popularizado, como óculos 3D, *Wii-remote*, telas sensíveis ao toque, para o desenvolvimento de sistemas anatômicos hápticos e fazer uso das vantagens oferecidas por estes [36][8].

Pretende-se ampliar a pesquisa e fazer um estudo mais aprofundado sobre a utilização de bonecos 3D na *Web*, o qual é objeto de uma dissertação de mestrado que desenvolverá a versão final dos critérios para avaliá-los, apresentado aqui resumidamente. Com este trabalho, além de favorecer uma proposta de critérios para avaliar os bonecos 3D na *Web*, espera-se que, com a utilização desses bonecos para ensino, as aulas sejam mais motivantes e estimulantes para os alunos, levando-os a se esforçar e participar mais durante as aulas, melhorando a relação ensino-aprendizagem.

### REFERÊNCIAS

- [15] AZER, S.A.; EIZENBERG N., **Do we need dissection in an integrated problem-based learning medical course? Perceptions of first- and second-year students.**, *Surg Radiol Anat.*, 2007, 29(2): 173-80.
- [16] BÖCKERS, A; JERG-BRETZKE, L; LAMP, C; BRINKMANN, A; TRAU, H.C.; BÖCKERS, T.M., **The gross anatomy course: an analysis of its importance.**, *Anat Sci Educ.*, 2010, 3(1): 3-11.
- [34] BRENTON, H.; HERNANDEZ, J.; BELLO, E.; STRUTTON, P.; PURKAYASTHA, S.; FIRTH, T.; DARZI, A., **Using multimedia and Web3D to enhance anatomy teaching**, 2007, *Computers & Education* 49 (2007) 32-53
- [36] CAETANDO, A. C. M., **Interfaces Hápticas, Dispositivos não convencionais de interação**, 2008, Laboratório de Pesquisa em Arte e Realidade Virtual – IdA – UnB – Universidade de Brasília
- [35] CHIEN, C.; CHEN, C.; JENG T., **An Interactive Augmented Reality System for Learning Anatomy Structure**, 2010, *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010 Vol I, IMECS 2010, March 17 - 19, 2010, Hong Kong*
- [28] CHITTARO, L.; MARCO, L. D., **Evaluating the Effectiveness of “Effective View Navigation”**



for **Very Long Ordered Lists on Mobile Devices**, HCI Lab, Dept. of Math and Computer Science, University of Udine, 2005, via delle Scienze 206, 33100 Udine, Italy

[30] DE LAS HERAS, A. R., **Las propiedades del espacio digital**, 2000, CONGRESO IBEROLATINOAMERICANO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA ESPECIAL.

[32] DENNEMONT, Y.; BOUYER, G.; OTMANE, S.; MALLEM, M., **3D Interaction Assistance Through Context-Awareness**, 2012, IBISC Laboratory, Evry University, France, published in Virtual Reality (VR 2012), Orange County, CA: United States (2012) DOI : 10.1109/VR.2012.6180903

[24] DEV, P., PHD, ; HEINRICHS, W. L., MD PHD, YOUNGBLOOD, P. Y., PHD, Clinispace™: **A Multiperson 3D Online Immersive Training Environment Accessible through a Browser Innovation in Learning Inc**, 2011, Los Altos Hills, CA,

Disponível em: <[http://clinispace.com/publications/MMVR2011\\_Dev\\_P.pdf](http://clinispace.com/publications/MMVR2011_Dev_P.pdf)> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[18] ELIZONDO-OMANA, R.E.; GUZMÁN-LÓPEZ, S.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, MDE L., **Dissection as a teaching tool: past, present, and future.**, Department of Human Anatomy, School of Medicine, Universidad Autonoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, Mexico., 2005, Copyright 2005 Wiley-Liss, Inc. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Elizondo-Oma%C3%B1a%202005>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[23] GOBBETTI, E.; SCATENI, R., **Virtual Reality: Past, Present, and Future**, 1998, Center for Advanced Studies, Research and Development in Sardinia Cagliari, Italy

[9] HASAN, T; AGEELY, H.; HASAN, D., **The role of traditional dissection in medical education**, Education in Medicine Journal, Vol.2 (1): e30-e34, 2010, doi:10.5959/eimj.2.1.2010.spcl

[12] INZUNZA, O.; BRAVO, H., **Animación computacional de fotografías: un real aporte al aprendizaje práctico de anatomía humana**, Rev. Chil. Anat., 2002, 15(1):57-64]

[20] JASTROW, H.; VOLLRATH L., **Teaching and learning gross anatomy using modern electronic media based on the visible human project**, Department of Anatomy, Histology, Johannes Gutenberg-University, Mainz, Germany. jsatrow@mail.uni-mainz.de, 2003, Clin Anat. 2003 Jan;16(1):44-54.

Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Jastrow%20%26%20Vollrath%202003>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[27] JUL, S., **Landmarking for Navigability**, 1997, Computer Science and Engineering, Position Paper for the CHI 97, Workshop on Navigation on Electronic Worlds (March 23-24, 1997, Atlanta, GA) University of Michigan, 1101 Beal Av. Ann Arbor MI 48109-2110, USA

[26] LEACOCK, T. L.; NESBIT, J. C., **A Framework for Evaluating the Quality of Multimedia Learning Resources**, 2007, Disponível em: <[http://www.ifets.info/journals/10\\_2/5.pdf](http://www.ifets.info/journals/10_2/5.pdf)> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[1] MAGGE, R., **Art macabre: Resurrectionists and anatomists**, ANZ Journal of Surgery, 71: 377-380., 2001, doi: 10.1046/j.1440-1622.2001.02127.

[19] MALDONADO-ZIMBRÓN, V. E.; ELIZONDO-OMAÑA, R. E.; CEPEDA, G. B. A., VILCHEZ-CAVAZOS, F.; CASTRO, G. O. GUZMÁN-LÓPEZ, S., **An interactive tool for the human anatomy laboratory**, *Int. J. Morphol.*, 24(3):377-382, 2006., 2006

[4] MARKOVIC, D.; MARKOVIC, B., **Development of anatomical models – chronology**, 2010 , Disponível em: <<http://publisher.medfak.ni.ac.rs/2010-html/2-broj/Danica%20Markovic-Development%20of%20anatomical%20models.pdf>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[7] MARTINS, J. C. A.; MAZZO, A.; BAPTISTA, R. C. N.; COUTINHO, V. R. D.; GODOY, S.; MENDES, I. A. C.; TREVIZAN, M. A., **A experiência clínica simulada no ensino de enfermagem: retrospectiva histórica**, *Acta paul. enferm.* vol.25 no.4 São Paulo, 2012, ISSN 0103-2100 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-21002012000400022>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[13] MCLACHLAN, J. C.; BLIGH J.; BRADLEY, P.; SEARLE, J., **Teaching anatomy without cadavers.**, *Med Educ* 38:418 –424., 2004

[22] NIELSEN, J., **2D is Better Than 3D**, 1998 , Disponível em: <<http://www.useit.com/alert-box/981115.html>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[2] NLM U.S. NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE, **Dream Anatomy: Anatomical Primitives and Pre-modern Anatomies**, 2002, Disponível em: <[http://www.nlm.nih.gov/dreamanatomy/da\\_dream\\_primitives.html](http://www.nlm.nih.gov/dreamanatomy/da_dream_primitives.html)> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[6] OWEN, HARRY MD, **Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare**: April 2012 - Volume 7 - Issue 2 - p 102–116, 2012, doi: 10.1097/SIH.0b013e3182415a91 Special Article

[8] ROSEN, K. R. MD, **The history of medical simulation**, Department of Anesthesiology, Case Western Reserve University School of Medicine, Cleveland, OH 44106, USA, 2008, Disponível em: <<http://www.chinamedsim.com/uploadfile/200901/20090111022809212.pdf>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[33] ROSEN, K. R.; MCBRIDE, J. M.; DRAKE, R. L., **The use of simulation in medical education to enhance students' understanding of basic sciences**, Case Western Reserve University School of Medicine, USA, 2009, Cleveland Clinic Lerner College of Medicine of Case Western Reserve University, USA Disponível em: <<http://phoenixmed.arizona.edu/sites/default/files/pages/224-faculty-development-retreat/resource-use-simulation-medical-education.pdf>> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[11] SILVA-LOPES, V. W.; MONTEIRO-LEAL, L. H., **Creating a histology-embriology free digital image database using high-end microscopy and computers techniques for on-line biomedical education**, *Anat. Rec.*, 273B:126-31, 2003

[17] SINAV, A.; AMBRON R., **Interactive web-based programs to teach functional anatomy: the pterygopalatine fossa**, *Anat Rec B New Anat.* 2004 Jul;279(1):4-8., 2004

[5] SINCLAIR, S., **Making Doctors: An Institutional Apprenticeship.**, Oxford: Berg., 1997

[3] SPENCER, L., **The Artist's Knife**, 2006,

Disponível em: <<http://mdhs.unimelb.edu.au/sites/mdhs/files/Harry%20Brookes%20Allen%20Mu>

[seum%20Plaster%20Anatomical%20Models\\_Lucy%20Spencer.pdf](#)>

Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[14] SUGAND, K.; ABRAHAMS, P.; KHURANA, A., **The anatomy of anatomy: a review for its modernization**, *Anat Sci Educ.*, 2010, 3(2): 83-93

[29] TORRES, E. F. ; MAZZONI, A. A. ; ALVES J. B. M. **A acessibilidade à informação no espaço digital**, *Ci. Inf.*, Brasília, v. 31, n. 3, p. 83-91, set./dez. 2002

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v31n3/a09v31n3.pdf>>

Acesso em: 09 de Dezembro de 2012.

[10] TRELEASE, R. B., **Anatomical informatics: millennial perspectives on a newer frontier**, *Anat. Rec.*, 269:224-35, 2002

[31] YACCI, M., **Interactivity Demystified: A Structural Definition for Distance Education and Intelligent CBT**, Associate Professor, Information Technology, Rochester Institute of Technology, 2000

[25] YOUNGBLOOD P.; DEV P., **A framework for evaluating new learning technologies in medicine**, 2005, *AMIA Annu Symp Proc.* (2005), 1163. Disponível em: <[http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1560552/pdf/amia2005\\_1163.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1560552/pdf/amia2005_1163.pdf)> Acesso em 09 de Dezembro de 2012.

[21] YOUNGBLOOD, P.; HARTER P.M.; SRIVASTAVA, S; MOFFETT, S.; HEINRICH, W.L.; DEV, P. 2008, **Design, development, and evaluation of an online virtual emergency department for training trauma teams**, *Simul Healthcare*, 2008

APÊNDICE 7: DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS COMPUTACIONAIS PARA AVALIAR BONECOS ANATÔMICOS 3D NA WEB PARA ENSINO NA ÁREA DE SAÚDE OU APLICAÇÕES MÉDICAS

MATA, T. H. R.; SALES, A. B.; ANDRADE, M. M., Definição de Critérios Computacionais para Avaliar Bonecos Anatômicos 3D na Web para Ensino na Área de Saúde ou Aplicações Médicas, PAHCE – Pan American Health Care Exchanges, 2013, Medellin. Ingeniería Biomédica: perspectiva Brasileña. Envigado, Colombia: Fondo Editorial EIA, 2013. v. 1. p. 27-32.

## Definition of Computational Criteria to Evaluation of 3D Anatomical Web Manikins for Teaching in Health Science and for Medical Applications

### Definição de Critérios Computacionais para Avaliar Bonecos Anatômicos 3D na Web para Ensino na Área de Saúde ou Aplicações Médicas

Thiago H. R. Mata<sup>1</sup>, André B. Sales<sup>2</sup>, Marcelino Andrade<sup>3</sup>

Faculdade UnB Gama (FGA) - UnB - Universidade de Brasília - Brasília - Brazil

E-mail: <sup>1</sup>thiago.henrique.mata@gmail.com; <sup>2</sup>andrebedes@unb.br; <sup>3</sup>andrade@unb.br

**Abstract** — The use of virtual anatomical manikins has gained space in health science teaching. Its use helps in the study of anatomy and medical simulation of patients with diseases, acute illnesses and traumas. Recent technologies have made possible the rise of several virtual three-dimensional manikins for Web. For the best selection of these virtual manikins for teaching in health science or medical applications, we defined a set of evaluation criteria focused on computational context: (1) Software License and Terms of Use; (2) Interoperability and (3) Technology Independence. Moreover, were defined the methodologies of calculation of scores on each of these criteria. With the criteria defined, were assessed 9 anatomical manikins. As a result, the virtual mannequin Anatomography earned the highest score.

**Keywords** — 3D, Anatomy, Interoperability, Learning, License, Manikin, Simulator, Virtual, Web.

**Resumo** — O uso de bonecos anatômicos virtuais tem conquistado espaço no ensino das ciências médicas. Seu uso auxilia no estudo da anatomia e em simulações médicas de pacientes com enfermidades, doenças agudas ou vítimas de trauma. Tecnologias recentes tornaram possível o surgimento de vários bonecos anatômicos virtuais tridimensionais para Web. Para melhor escolha entre estes bonecos virtuais para o ensino na área de saúde ou aplicações médicas, foram definidos os seguintes critérios de avaliação com foco no contexto computacional: (1) Licença de Software e Termos de Uso; (2) Interoperabilidade e (3) Independência Tecnológica. Além disto, foi definido como calcular a pontuação para cada um destes critérios. Com os critérios definidos, foram avaliados 9 bonecos anatômicos. Como resultado, o boneco virtual Anatomography foi o que obteve a melhor pontuação.

**Palavras-chave** — 3D, Anatomia, Interoperabilidade, Aprendizagem, Licença, Boneco, Simulação, Virtual, Web.

#### I. INTRODUÇÃO

O estudo da anatomia humana tem sido feito por estudantes de medicina por dissecação de cadáveres há séculos [1](Magge, 2001). A utilização de bonecos anatômicos para auxiliar nesses estudos também tem evoluído muito ao longo destes anos. Na Europa, entre 1500 e 1800, é observado o uso de manequins de marfim e madeira, com maior ou menor detalhamento anatômico [2] [3](Spencer, 2006; Markovic, 2010).

Atualmente, com o avanço da tecnologia, surgem novos bonecos anatômicos virtuais e simuladores de pacientes com respostas realistas, humanas e fisiológicas à doença aguda, ao trauma e às intervenções, permitindo elevado realismo nas simulações o que favorece, maior imersão do estudante, com todas as vantagens dela decorrentes [4][5](Martins et al., 2012; Rosen, 2008). Muitas universidades têm migrado horas do estudo anatômico via dissecação para o estudo anatômico utilizado bonecos virtuais [6](Hasan et al., 2010), principalmente para o ensino e visualização da disposição de estruturas complexas [7][8][9](Trelease, 2002; Silva-Lopes e Monteiro-Leal, 2003; Inzunza e Bravo, 2002).

Hasan et al. [6](2010) ressaltam que a dissecação tradicional e a virtual são abordagens de ensino diferentes, em que cada uma apresenta seus pontos fortes. Cada uma destas trabalha com algumas das características que são todas necessárias para o desenvolvimento das habilidades práticas, teóricas e éticas entre os estudantes. Eles ressaltam ainda que, mesmo com o avanço tecnológico que estão por vir, a interação com os bonecos por meio dos computadores ainda ocorre no meio artificial e sintético que nunca conseguirá se igualar na complexidade e “realidade milagrosa” do corpo humano.

É preciso então se equilibrar a utilização destes métodos conforme o modo de ensino, o currículo, pessoal qualificado e infraestrutura disponível [4](Martins et al., 2012). Martins et al. [4](2012) ressaltam que, salvo o caso em que a simulação seja inviável, não existe justificativa para que estudantes treinem em pessoas reais, muitas vezes vulneráveis pela própria doença ou que tenham um treinamento ineficiente.

A utilização de bonecos virtuais no espaço tridimensional – largura ou eixo X, altura ou eixo Y e profundidade ou eixo Z – 3 Dimensões – (3D) tem se mostrado como um modo eficaz no ensino de anatomia e medicina [10](Youngblood et al., 2008). Os elementos virtuais apresentam mais fácil distribuição em relação aos modelos físicos. Estes auxiliam na compreensão e navegação de elementos físicos [11](Nielsen, 1998). Além disso, os bonecos 3D virtuais podem ser adaptados para apresentarem características de determinados quadros clínicos, animações, interatividade e outras vantagens que

## APÊNDICE 8: ACESSIBILIDADE EM BONECOS ANATÔMICOS 3D PARA WEB

MATA, T. H. R.; SALES, A. B.; ANDRADE, M. M., (b), Acessibilidade em Bonecos Anatômicos 3D para Web, 2013, SETI - I Simpósio de Educação e Tecnologias Inclusivas, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santo Ângelo, RS.

## Acessibilidade em Bonecos Anatômicos 3D para Web

Thiago H. R. da Mata<sup>1</sup>, André B. Sales<sup>2</sup>, Marcelino Andrade<sup>3</sup>

Faculdade UnB Gama (FGA) - UnB - Universidade de Brasília – Brasília – Brasil

<sup>1</sup>thiago.henrique.mata@gmail.com, <sup>2</sup>andredbes@unb.br, <sup>3</sup>andrade@unb.br

**Abstract.** *This paper evaluates the accessibility of virtual anatomical manikins 3D for Web. Was evaluated the hypothesis of a correlation between the complexity of the interfaces and lack of accessibility of the same. After assessed by the Guide criteria of Web Content Accessibility - WCAG 2.0, was possible to conclude that there is no evidence of a correlation between the complexity of these interface and it's accessibility. Furthermore, it became evident the lack of accessibility of these manikins. None of them achieved the basic level of accessibility. The BioDigital Human earned the highest score.*

**Resumo.** *Este artigo avalia a acessibilidade dos bonecos anatomicos virtuais 3D na Web. Avaliou-se a hipótese de uma correlação entre a complexidade das interfaces e a falta de acessibilidade das mesmas. Conforme avaliados pelos critérios do Guia de Acessibilidade de Conteúdos Web - Web Content Accessibility Guidelines – WCAG 2.0 foi possível se concluir que não existem indícios de uma correlação entre a complexidade da interface a acessibilidade destas. Além disto, tornou-se evidente a falta de acessibilidade destas ferramentas. Nenhum dos bonecos avaliados apresentou o nível básico de acessibilidade. O BioDigital Human foi o boneco melhor pontuado.*

### 1. Introdução

As novas tecnologias nas interfaces *Web* possibilitaram a criação de páginas *Web* 3D com novos métodos de interação. Essas novas interfaces geram resultados positivos na aprendizagem de diversas áreas de ensino [Hasan et al. 2010], em especial no estudo da anatomia [Youngblood et al. 2008]. Assim, bonecos anatômicos virtuais *Web* 3D têm se estabelecido como ferramentas para auxiliar no estudo e ensino de anatomia [Martins et al. 2012].

Ao se perceber que algumas das interfaces virtuais *Web* 3D não atendiam requisitos básicos de acessibilidade, foi levantada a hipótese de uma correlação entre a utilização dos recursos mais modernos nos navegadores e a falta de acessibilidade nos sistemas. Para validar tal hipótese, foram avaliados seis bonecos anatômicos virtuais *Web* 3D. Essa avaliação foi feita se utilizando dos critérios do Consórcio da Rede de Amplitude Mundial - *World Wide Web Consortium* - W3C, melhor descritos no tópico da metodologia.

Este artigo está organizado do seguinte modo: No tópico 2 é definido o que é acessibilidade e quais são suas características no contexto *Web*. No tópico 3 são descritos os Bonecos Anatômicos *Web* 3D e suas aplicações. No tópico 4 é descrita a





## **ANEXOS**

## ANEXO 1: CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO – LORI

Detalhamento dos critérios de pontuação dos itens do Instrumento de Análise de Objetos de Aprendizagem - *Learning Object Review Instrument* - LORI proposto por Leacock e Nesbit (2007), tradução livre.

O item da qualidade do conteúdo avalia a veracidade, precisão, apresentação equilibrada de ideias e o nível apropriado de detalhes. Neste item são estabelecidas as seguintes pontuações:

1. Para objetos inutilizáveis, como resultados de imprecisões graves, preconceitos ou omissões, devem ser pontuados com 1;

2. Um objeto que contenha informações precisas, apresentadas no nível correto de detalhe, de uma forma equilibrada, mas que omite ou não enfatiza alguns pontos-chave, de forma que pode induzir ao erro receberão uma pontuação 3;

3. Por fim, um objeto que esteja livre de erro, viés e omissões, que forneça evidência para apoiar créditos e que enfatiza os pontos-chave com sensibilidade para diferenças culturais e étnicas, utilizando um nível de detalhe apropriado receberá uma pontuação 5.

O item de alinhamento com os objetivos de aprendizagem avalia o alinhamento entre os objetivos de aprendizagem com as atividades, avaliações e características do aprendizado. Neste item são estabelecidas as seguintes pontuações:

1. Um objeto de aprendizagem com uma diferença substancial entre as avaliações e atividades de aprendizagem, de modo que o objeto é inútil, deve receber uma pontuação 1;

2. Um objeto com os objetivos de aprendizagem claramente definidos e um correspondência substancial ainda que incompleta entre os objetivos e as atividades de avaliação devem receber uma pontuação 3;

3. Um objeto que especifique os objetivos de aprendizagem dentro do conteúdo ou seus metadados relacionados, que forneça conteúdo e atividades adequadas aos objetivos e nível

de público-alvo, e inclua avaliações relevantes objetivo do aluno deve receber uma pontuação 5.

O item resposta e adaptação avalia o conteúdo adaptativo ou resposta adaptada para diferentes tipos de aprendizes ou por diferentes modelos de aprendizagem. Neste item são estabelecidas as seguintes pontuações:

1. Um objeto essencialmente expositivo que forneça pouco ou nenhum feedback recebe uma pontuação 1;

2. Um objeto que consistentemente explica por que uma resposta está incorreta ou demonstra os vínculos de ações em um ambiente construtivista recebe uma pontuação 3;

3. Um objeto de aprendizagem que fornece feedback, e constrói um modelo de aluno a fim de individualizar as atividades de aprendizagem e ambiente recebe uma pontuação 5.

O item motivação avalia a capacidade de motivar e interessar uma população identificada de aprendizes. Neste item são estabelecidas as seguintes pontuações:

1. Um objeto de aprendizagem que não é relevante para os objetivos de um aluno, que é muito fácil ou muito difícil para o seu nível pretendido, ou que procura chamar a atenção, principalmente por meio da complexidade superficial deve receber a pontuação 1;

2. Um objeto que forneça a interação suficiente para prender a atenção dos alunos enquanto eles navegam através do conteúdo, mas que não é projetado para construir confiança ou ajudar os alunos a perceberem a relevância do que eles estão aprendendo receberá uma pontuação 3;

3. Um objeto que é percebido como relevante pelo seu público-alvo, que oferece níveis de dificuldade adequados para que os alunos venham a ganhar confiança e satisfação nas atividades de aprendizagem, e que é capaz de obter e manter a atenção dos alunos receberá uma pontuação 5.

O item projeto da apresentação avalia o projeto da informação visual e auditiva para a aprendizagem avançada e eficiente processamento mental. Neste item são estabelecidas as seguintes pontuações:

1. Os objetos que sofrem de problemas como fontes ilegíveis, esquemas de cores que distraem ou áudio ou vídeo de baixa qualidade devem receber uma pontuação 1;

2. Objetos que mostram um projeto de apresentação profissional, que é conciso, claro e esteticamente agradável devem receber uma pontuação 3;

3. Objetos que efetivamente integrem texto, vídeo, gráficos ou mídia de áudio de uma forma que é adequada para o conteúdo e coerente com a pesquisa, com base em princípios de aprendizagem multimídia devem receber pontuação 5.

O item usabilidade da interação avalia a facilidade de navegação, previsibilidade da interface pelo utilizador, qualidade da interface e funcionalidades de ajuda. Neste item são estabelecidas as seguintes pontuações:

1. Objetos que não tenham interatividade ou que tenham problemas com a navegação, devido à alta carga cognitiva, layout de tela inadequado, links quebrados, ou inconsistências na resposta do sistema receberão pontuação 1;

2. Objetos que contenham elementos interativos em funcionamento, mas que apresentam problemas para que os alunos aprendam a utilizar a interface, receberão a pontuação 3;

3. Se a navegação através do objeto for intuitiva, previsível e ágil, este receberá a pontuação 5.

O item acessibilidade avalia o projeto dos controles e dos formatos das apresentações para atender adequadamente aprendizes com deficiências físicas ou motoras; Na proposta de Leacock e Nesbit (2007) é recomendada que a pontuação neste critério seja calibrada com as validações da W3C mas não é suficientemente detalhado o modo para ser diretamente aplicado.

O item reusabilidade avalia a capacidade de ser utilizado em variados contextos por aprendizes de diferentes antecedentes;

1. Um objeto que contém informações específicas de instância, como datas de atribuição de vencimento, recebem pontuação 1;

2. Um objeto que tem a reutilização restrita devido, por exemplo, a dependência de conhecimento prévio específico que não é acessível através de conteúdo auxiliar receberá uma pontuação 3.

3. Um objeto que incorpora contexto situacional suficiente para ser significativo, fornece conteúdo auxiliar ou alternativo útil para alunos de diferentes competências e habilidades e que seja útil em vários contextos, receberá a pontuação 5.

O item compatibilidade com as normas avalia a conformidade aos padrões e especificações internacionais.

1. Objetos que não apresentem conformidade com testes da W3C ou SCORM ou que não fornecem metadados suficientes receberão uma pontuação 1;

2. Aqueles que passarem em alguns dos testes de conformidade receberão uma classificação intermédia, de 2 a 4, dependendo do nível de conformidade.

3. Para receber uma classificação 5, objeto deve aderir a todas as normas e especificações de conformidade e padrões da W3C e SCORM e deve conter metadados que estejam disponíveis aos usuários.