



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

**ESTRATÉGIAS PARA GRAVAÇÃO E REPRODUÇÃO DE
EXPERIÊNCIA TRIDIMENSIONAL EM TELEMEDICINA**

SARAH SOARES DE OLIVEIRA

**JOÃO PESSOA - PB
OUTUBRO DE 2014**

SARAH SOARES DE OLIVEIRA

**ESTRATÉGIAS PARA GRAVAÇÃO E REPRODUÇÃO DE
EXPERIÊNCIA TRIDIMENSIONAL EM TELEMEDICINA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Informática.

**Orientadora: Prof.^a Dr.^a Tatiana Aires
Tavares**

**JOÃO PESSOA - PB
OUTUBRO DE 2014**

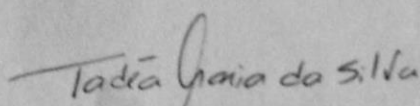
O48e Oliveira, Sarah Soares de.
Estratégias para gravação e reprodução de
experiência tridimensional em telemedicina /
Sarah Soares de Oliveira.- João Pessoa, 2014.
74f. : il.
Orientadora: Tatiana Aires Tavares
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI
1. Informática. 2. Telemedicina. 3. Realidade virtual.
4. Conteúdo digital - EAD. 5. Experiência multimídia.

UFPB/BC

CDU: 004(043)

Ata da Sessão Pública de Defesa de Dissertação de Mestrado de **Sarah Soares de Oliveira**, candidata ao título de Mestre em Informática na Área de Sistemas de Computação, realizada em 03 de outubro de 2014.

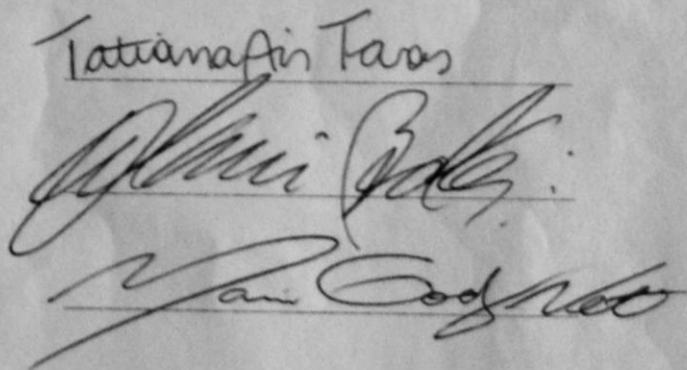
Ao terceiro dia do mês de outubro do ano de dois mil e quatorze, às dez horas, no laboratório 2 da Escola Superior de Redes - Universidade Federal da Paraíba, reuniram-se os membros da Banca Examinadora constituída para examinar a candidata ao grau de Mestre em Informática, na área de "*Sistemas de Computação*", na linha de pesquisa "*Computação Distribuída*", a **Sra. Sarah Soares de Oliveira**. A comissão examinadora foi composta pelos professores doutores: **Tatiana Aires Tavares (PPGI-UFPB)**, orientadora e presidente da Banca, **Valdecir Becker (UFPB)**, examinador interno, **Mário Godoy Neto**, examinador externo (USF). Dando início aos trabalhos, a professora Tatiana Aires Tavares cumprimentou os presentes, comunicou aos mesmos a finalidade da reunião e passou a palavra à candidata para que a mesma fizesse, oralmente, a exposição do trabalho de dissertação intitulado "*Estratégias para Gravação e Reprodução de Experiência Tridimensional em Telemedicina*". Concluída a exposição, a candidata foi arguida pela Banca Examinadora que emitiu o seguinte parecer: "*Aprovada*". Assim sendo, deve a Universidade Federal da Paraíba expedir o respectivo diploma de Mestre em Informática na forma da lei e, para constar, eu, Tadeá Maria da Silva, secretária, lavrei a presente ata que vai assinada por mim e pelos membros da Banca Examinadora. João Pessoa, 03 de outubro de 2014.


Tadeá Maria da Silva

Profª Dra. Tatiana Aires Tavares
Orientadora (PPGI-UFPB)

Prof. Dr. Valdecir Becker
Examinador Externo ao Programa (UFPB)

Prof. Dr. Mário Godoy Neto
Examinador Externo à Instituição (USF)



Dedico este trabalho aos meus pais, Patrícia e Cícero, por terem se empenhado em moldar o meu caráter, à minha irmã Mariana e ao meu noivo Filipe, por todos os momentos de companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço sinceramente a todos que cruzaram o meu caminho no decorrer do Mestrado em Informática. Foi um período de grande aprendizado, pessoalmente e profissionalmente.

A Deus agradeço por ter me concedido o dom da vida, por ter me conservado saudável e apta para desenvolver este trabalho e por sempre ter me acompanhado e iluminado os meus caminhos.

Aos meus pais, agradeço por todo o esforço realizado em meu favor. À minha mãe, Patrícia, por ter dedicado sua vida a amar, cuidar, educar e proteger a mim e a minha irmã, se tornando um belo exemplo de mãe e de mulher. Ao meu pai, Cícero, por todos os momentos de carinho, pelo altruísmo e pelas palavras sempre firmes que me ensinaram a ser mais forte. Agradeço ainda à minha Vozinha (*in memoriam*) da qual sinto muitas saudades e sei que continua torcendo por mim de onde estiver.

Agradeço também à minha querida irmã, Mariana, pela amizade e pelo companheirismo diário, que se manteve mesmo com a distância que agora nos separa.

Ao meu noivo, Filipe, agradeço por há mais de oito anos estar ao meu lado, pelo seu amor, pela sua amizade e por todos os momentos de incentivo para que eu seguisse em frente, muitas vezes acreditando mais em mim do que eu mesma.

Agradeço à minha Orientadora, Tatiana, por toda a paciência, confiança, amizade, compreensão e pelo apoio concedido, e a todos os professores que tive durante toda a minha vida acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Rede Nacional de Pesquisa (RNP), agradeço pelo apoio financeiro oferecido para dar suporte à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento envolvendo o tema deste trabalho.

Por fim, agradeço às minhas amigas, pelos momentos inesquecíveis proporcionados desde os tempos de escola e que seguem até os dias de hoje, e aos meus colegas de curso, em especial Ana Paula e Glauco, por terem me dado a honra de conviver e partilhar com eles as mesmas salas de aula.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é nada senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Tereza de Calcutá

RESUMO

A utilização de técnicas de Computação Gráfica em conjunto com sistemas de Telemedicina pode enriquecer as transmissões de vídeos de cirurgias, facilitar o entendimento dos problemas dos pacientes, melhorar a comunicação entre os cirurgiões e toda a equipe médica e prover melhorias em relação ao ensino e à aprendizagem. O objetivo deste trabalho é elaborar e desenvolver uma estratégia para gravação e reprodução de conteúdo tridimensional que simula as estruturas anatômicas do corpo humano, utilizados durante uma transmissão cirúrgica em tempo real. A experiência multimídia gerada pelos múltiplos fluxos de áudio, vídeo e modelos 3D é de grande relevância para os estudantes de Medicina que acompanham a transmissão, tanto ao vivo quanto de forma não simultânea e subsequente ao procedimento cirúrgico. Diante desse cenário, surge a necessidade de uma estratégia para viabilizar a gravação da experiência 3D no contexto da ferramenta Arthron, que já possui módulos para gravação de áudio e vídeo de cirurgias transmitidas em tempo real, mas não abrangem a gravação da experiência tridimensional. Assim, um sistema multimídia poderá utilizar a estratégia proposta para gravar algum conteúdo extra transmitido ao vivo e que posteriormente necessite ser reproduzido. Com a estratégia proposta, pretende-se fazer com que uma maior quantidade de membros de equipes médicas possa ter acesso a materiais gerados através de fluxos multimídia em tempo real, promovendo uma ampla capacitação independente de distâncias geográficas.

Palavras-chave: Telemedicina, Realidade Virtual, Conteúdo Digital para EAD, Experiência Multimídia.

ABSTRACT

The use of Computer Graphics techniques in Telemedicine systems can enrich the streaming videos of surgeries, facilitating the understanding of patients' problems, improving communication between surgeons and the medical team and providing improvements in teaching and learning. The purpose of this work is to prepare and develop a strategy for recording 3D experience that simulates the anatomical structures of the human body, performed during a surgical transmission in real time. This multimedia experience generated by multiple streams of video, audio and 3D models is relevant to medical students that watch the transmission, both live and non-simultaneous form. In this scenario, emerges the need of a strategy to enable the recording of the 3D experience in the context of the Arthron tool, which already has modules that allows recording audio and video streams transmitted in real time surgeries, but not the 3D experience. Thus, a multimedia system can use the proposed strategy to record some extra content transmitted in real time that subsequently needs to be played again. With this strategy, we intend to make a larger amount of members of medical teams to have access to materials generated by multimedia streams in real time, providing an extensive training program, independent of geographical distances.

Key-words: Telemedicine, Virtual Reality, Digital Content, Multimedia Experience.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aula para o curso de Medicina da UFPB, no Hospital Universitário Lauro Wanderley (HULW) com recursos multimídia ao vivo.....	17
Figura 2. Esquema do Modelo Conceitual da Arthron.	19
Figura 3. Representação de um percurso pedagógico. Fonte: Braga (2008).....	25
Figura 4. Representação de uma cena tridimensional. Fonte: Website, 2014.....	29
Figura 5. Ilustração do resultado das operações de translação, rotação e escala. Fonte: adaptada de Bailey et al. (1999).	30
Figura 6. Resumo do processo gráfico. Fonte: adaptada de Bailey et al. (1999).	31
Figura 7. Experiência multimídia vivenciada no HULW da UFPB.	33
Figura 8. Experiência tridimensional vivenciada no HULW da UFPB.....	34
Figura 9. Processo de identificação da região e sobreposição de imagem.....	36
Figura 10. Renderização de um modelo produzido através do algoritmo em uma cirurgia de fígado.	37
Figura 11. Seis temas do Projeto Homem Virtual.	38
Figura 12. Representação do Homem Virtual.	39
Figura 13. AnatomI 3D.	40
Figura 14. Modelo do coração humano com área semitransparente no CardioOP.	41
Figura 15. Visualização de dados médicos no Cyclops.....	42
Figura 16. Ferramenta Arthron durante transmissão de cirurgia com experiência 3D.....	43
Figura 17. Arquitetura da ferramenta Arthron. Fonte: Braga Júnior (2013).....	47
Figura 18. Transmissão de cirurgia no HULW usando a Arthron.....	48
Figura 19. Diagrama de casos de uso da estratégia proposta.	49
Figura 20. Diagrama de atividades - visão do Codificador.....	50
Figura 21. Diagrama de atividades - visão do Decodificador.	51
Figura 22. Arquivo de Experiência Multimídia do Módulo Gravador.	53
Figura 23. Tela de escolha dos modelos 3D na Arthron.	54
Figura 24. Estatísticas do questionário aplicado.	57
Figura 25. Virtual Liver, modelo do fígado considerado de boa qualidade por Dr. Geraldo. .	61
Figura 26. Demonstração das funcionalidades da Arthron no HULW.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo entre trabalhos correlatos.	45
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
CVC	<i>Clínica Virtual Colaborativa</i>
GTAVCS	<i>Grupo de Trabalho em VídeoColaboração em Saúde</i>
HULW	<i>Hospital Universitário Lauro Wanderley</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IHC	<i>Interação Humano-Computador</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LABTEVE	<i>Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística</i>
OAs	<i>Objetos de Aprendizagem</i>
RNP	<i>Rede Nacional de Pesquisa</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
UFPB	<i>Universidade Federal da Paraíba</i>
USP	<i>Universidade de São Paulo</i>
WRNP	<i>Workshop da Rede Nacional de Pesquisa</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2 MOTIVAÇÃO.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	21
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	21
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 CONTEÚDO DIGITAL PARA ENSINO	23
2.1.1 Computação Gráfica.....	24
2.1.2 Conteúdo Didático Digital	24
2.1.3 Design Instrucional	24
2.1.4 Objetos de Aprendizagem	25
2.2 TELEMEDICINA	26
2.3 RECURSOS TRIDIMENSIONAIS	28
2.3.1 Modelo 3D	29
2.4 EXPERIÊNCIA MULTIMÍDIA	32
2.5 EXPERIÊNCIA TRIDIMENSIONAL	33
CAPÍTULO 3 - TRABALHOS CORRELATOS.....	35
3.1 SOBREPOSIÇÃO DE IMAGENS PRÉ-OPERATÓRIAS EM VÍDEOS DE CIRURGIAS MINIMAMENTE INVASIVAS	35
3.2 ALGORITMO DE DETECÇÃO DE BORDAS PARA PRODUÇÃO DE MODELOS 3D	36
3.3 PROJETO HOMEM VIRTUAL	37
3.4 ANATOMI 3D	39
3.5 CARDIOOP	40
3.6 CVC	41

3.7 CYCLOPS.....	42
3.8 MÓDULO 3D DA ARTHRON	42
3.9 COMPARATIVO.....	43
CAPÍTULO 4 - ESTRATÉGIA PARA GRAVAÇÃO DA EXPERIÊNCIA 3D NA ARTHRON.....	46
4.1 ARTHRON PARA TELEMEDICINA.....	46
4.1.1 A Incorporação do 3D na Arthron	48
4.2 VISÃO GERAL	49
4.3 DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO.....	51
4.4 INTERFACE DE USUÁRIO.....	53
4.5 RESULTADOS OBTIDOS	55
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
5.1 LIMITAÇÕES E RISCOS	60
5.2 CONTRIBUIÇÕES	62
5.2.1 Registro do Software	64
5.2.2 Demonstrações e Práticas	64
5.2.3 Publicações	65
5.3 TRABALHOS FUTUROS	66
REFERÊNCIAS	68

CAPÍTULO

1

INTRODUÇÃO

A constante evolução das tecnologias da computação e das redes de computadores, aliadas ao desenvolvimento de algoritmos cada vez mais eficientes, possibilita e facilita a criação de uma gama de aplicações para os mais variados fins (Oliveira e Tavares, 2012). Algumas áreas de aplicação da Ciência da Computação são interdisciplinares, como Computação Gráfica e Telemedicina, e podem ser utilizadas em conjunto para prover sistemas computacionais cada vez mais expressivos.

Diante da entrada dos novos meios de tecnologia em nosso cotidiano, a educação não poderia caminhar longe deste contexto, pois utilizando novos mecanismos ela abrange cada vez mais pessoas, em diferentes locais e com expectativas variadas daquilo que receberão, influenciando, muitas vezes, a facilidade e o prazer do indivíduo em aprender (Abensur e Tamosauskas, 2011). Através do computador usuários podem realizar diversas formas de interação, enriquecer suas experiências para melhorar o desenvolvimento e construir o conhecimento por eles próprios, por meio da exploração autônoma e independente dos sistemas, como é descrito por Martins (1999).

O aprendizado com auxílio de recursos computacionais tem sido empregado mundialmente e, nesse cenário, *softwares* educacionais que utilizam multimídia vêm ajudando alunos e professores a tornarem o aprendizado mais fácil, rápido e eficiente (Miranda, 2009), (Assis, Bittencourt e Noronha, 2002). A utilização de sistemas gráficos nos oferece o meio mais natural de comunicação com sistemas computacionais, visto que a grande capacidade para reconhecimento de padrões 2D e 3D permite aos seres humanos perceber e interpretar dados de imagens com rapidez e eficiência (Foley et al., 1997).

Com o passar dos anos o desenvolvimento de *softwares* específicos por desenvolvedores, designers, modeladores e animadores se popularizou através da criação de bibliotecas gráficas, como a OpenGL, para prover um conjunto de primitivas para a manipulação de cenas 3D e abstrair comandos de *hardware*, e de ferramentas SDK (Software

Development Kit), capazes de simular fenômenos físicos e facilitar a criação de cenários de ambientes distintos (Azevedo e Conci, 2003).

Telemedicina pode ser definida como a utilização de ferramentas computacionais, como tecnologias de informação e comunicação, para dar suporte à disseminação de informações médicas quando a distância separa as pessoas envolvidas no processo (Cucina, 2013). A Telemedicina pode ter a Computação Gráfica e seus diversos recursos como uma grande aliada para criar cenários de Realidade Virtual (RV), no que se refere à construção de imagens precisas e dinâmicas que retratam moléculas, células, órgãos, músculos, ossos, tecidos e outros componentes do organismo (Wen, 2008), facilitando assim o entendimento da informação transmitida na rede.

O fato de as equipes médicas terem a possibilidade de assistir vídeos de cirurgias em tempo real e em alta resolução representa um grande avanço em relação à transmissão de informação médica relevante e de qualidade. Em conjunto com o fluxo de vídeo, certamente a exibição de um modelo tridimensional interativo representando o órgão do corpo humano que está sendo operado naquele momento poderia melhorar e ilustrar a comunicação, dado que os profissionais da saúde podem manipular o objeto 3D e realizar movimentos para esclarecer o procedimento cirúrgico que está sendo realizado.

As interações entre os usuários e as mídias dos sistemas podem gerar uma experiência momentânea e, no caso da Telemedicina, podem representar o registro de dados médicos importantes como a realização de uma cirurgia, por exemplo. Assim, a captura e o armazenamento dos diversos fluxos de mídia que compõem essa experiência multimídia podem ser de grande valia para que o que foi visto num determinado momento e por determinadas pessoas possa ser novamente reproduzido.

A ferramenta Arthron (Vieira et al., 2012), desenvolvida pelo Grupo de Trabalho em Vídeo Colaboração em Saúde (GTAVCS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), fornece suporte à Telemedicina através de uma infraestrutura de rede que permite a geração, a manipulação e a exibição de múltiplos fluxos de áudio e vídeo de cirurgias em tempo real, em conjunto com modelos 3D que representam estruturas anatômicas do corpo humano e podem ser úteis para eventuais esclarecimentos sobre o procedimento cirúrgico. A ferramenta contém um módulo gravador de experiências multimídia (*Recording Module*), proposto por Braga Júnior, Oliveira e Tavares (2013), que aborda a gravação e a recuperação dos fluxos de áudio e vídeo que compõem a cirurgia.

A principal motivação do presente trabalho é tornar possível também a gravação da experiência tridimensional utilizada como apoio para a explicação do procedimento cirúrgico através da ferramenta Arthron. Dessa forma, este trabalho visa investigar este *gap* e oferecer estratégias para recuperação de experiências que envolvem recursos tridimensionais gerados em tempo real. As estratégias propostas são uma alternativa para abordar a interação com recursos tridimensionais como um conteúdo digital, passível de recuperação e indexação. Assim a interação conduzida por um profissional de Saúde em um modelo 3D de fígado, por exemplo, poderá integrar um objeto de aprendizagem complementando um vídeo ou uma figura e ainda podendo ser acessada por diferentes usuários e dispositivos.

Neste trabalho, a Telemedicina é utilizada como cenário de aplicação das estratégias propostas. Para tanto, foi desenvolvida uma solução no âmbito da ferramenta Arthron (Vieira et al., 2012) que permite a gravação e a reprodução do conteúdo médico tridimensional apresentado nas transmissões de cirurgias, junto aos fluxos de mídia que serão transmitidos pela ferramenta.

Neste capítulo serão apresentados (i) uma contextualização do tema, onde serão explorados alguns conceitos necessários para o entendimento deste trabalho; (ii) uma motivação para a elaboração da estratégia proposta, caracterizando o problema e suas causas; (iii) uma descrição dos objetivos gerais e específicos e (iv) uma apresentação da estrutura deste trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Com os crescentes e frequentes avanços tecnológicos que vêm ocorrendo no âmbito mundial, cria-se uma tendência cada vez mais firme para o desenvolvimento e o uso de sistemas computacionais nas mais diversas áreas. A evolução da Informática e de suas subáreas facilita o surgimento de aplicações que geram melhorias de acesso e de representação da informação a campos científicos distintos, e essas melhorias podem ser agrupadas para aumentar a qualidade de sistemas computacionais específicos, como por exemplo aqueles que envolvem Telemedicina.

Segundo Wen (2008), a Telemedicina vem tendo uma importante evolução e consolidação no Brasil nos últimos anos devido ao incentivo obtido junto às agências de fomento à pesquisa e com as ações governamentais que possibilitam a formação de equipes e núcleos de pesquisa em diversas instituições universitárias brasileiras. Com essa evolução, a área da saúde vem sendo amplamente explorada e vários tipos de inovações tecnológicas vêm

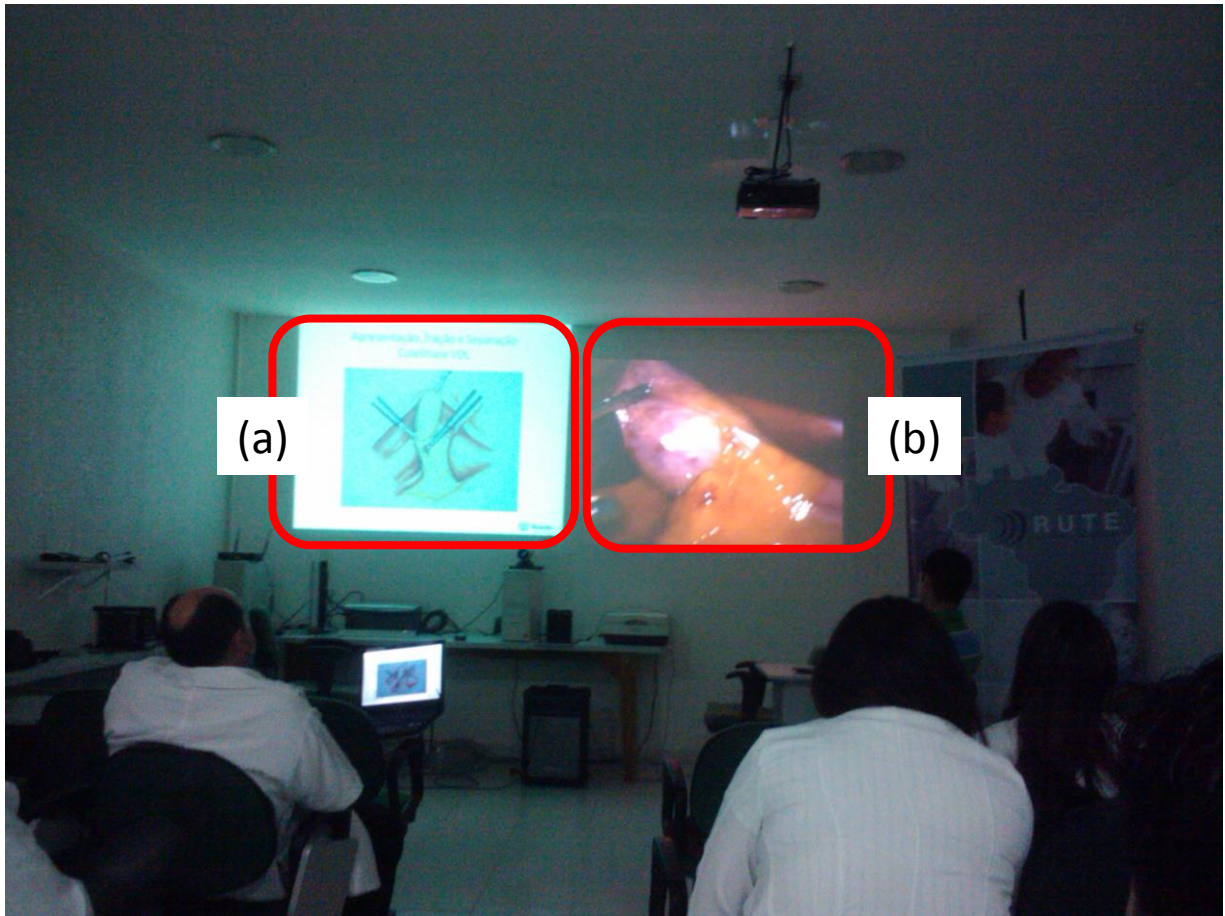
sendo desenvolvidas para resolver ou auxiliar a solução de problemas específicos que envolvem essa área de aplicação. Essas soluções podem envolver *hardware* e *software*, e contribuem para diversas subáreas do campo da Saúde.

Ferramentas multimídia de ensino e aprendizagem vêm enriquecendo o cenário acadêmico e permitindo que alunos e professores participem de aulas mais didáticas e práticas. Gregoire et al. (1996) analisa a contribuição de novas tecnologias para facilitar o ensino e a aprendizagem e conclui que isso pode estimular o desenvolvimento de habilidades intelectuais mais do que as abordagens tradicionais. Assim, pode-se concluir que, em Telemedicina, a utilização de ferramentas virtuais de ensino e aprendizagem pode facilitar o aprendizado de alunos residentes ou internos, promovendo o contato entre os futuros médicos e modelos tridimensionais que simulam o corpo humano ou fluxos de transmissão de cirurgias em tempo real.

O uso da Telemedicina pode ser favorável em cenários colaborativos distintos, tais como (i) no ambiente hospitalar, quando os profissionais da saúde trocam informações sobre casos clínicos com o objetivo de obter uma segunda opinião, por exemplo; (ii) no ambiente residencial, quando se deseja consultar o prontuário eletrônico de um paciente ou realizar outras consultas dessa natureza e (iii) no ambiente acadêmico, com a transmissão de vídeos de cirurgias reais com o objetivo de promover aulas telepresenciais interativas. Neste último caso, a experiência de alunos da área da saúde geralmente se baseia na visualização da mídia transmitida em tempo real e na interação com os demais participantes da transmissão, principalmente através da elaboração de questionamentos relacionados aos procedimentos médicos realizados e do compartilhamento de experiências por parte dos médicos participantes da transmissão.

Dentre as mídias capturadas nas salas de cirurgia, pode-se citar o vídeo como um método satisfatório para transmitir o que se passa em um determinado intervalo de tempo durante um procedimento cirúrgico, pois ele registra os principais movimentos realizados pela equipe médica de maneira sequencial. Além disso, há alguns métodos que podem auxiliar o médico em eventuais esclarecimentos que sejam necessários para uma melhor compreensão do prontuário de um paciente ou de aspectos de um determinado órgão do corpo humano. São exemplos desses métodos a utilização de modelos tridimensionais para representar estruturas anatômicas, a simulação de cirurgias em um ambiente virtual e o envio de slides com informações adicionais (exames ou dados de prontuário) simultaneamente ao envio do vídeo da cirurgia, como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1. Aula para o curso de Medicina da UFPB, no Hospital Universitário Lauro Wanderley (HULW) com recursos multimídia ao vivo.



A experiência retratada na Figura 1 mostra uma aula com transmissão simultânea de uma apresentação de slides (a) e fluxo ao vivo de uma cirurgia (b). Para a transmissão ao vivo foi utilizada a ferramenta Arthron (Vieira et al., 2012), que oferece ao usuário uma *interface* simples para captura e gerenciamento de diferentes fluxos de mídia simultâneos.

A educação e o treinamento são recursos bastante explorados no contexto das aplicações de RV, permitindo uma interação humano-computador mais natural em ambiente 3D e possibilitando a reprodução de situações reais, tornando-se um recurso de amplo potencial para a área da Saúde (Nunes et al., 2011).

O desenvolvimento de *softwares* para Telemedicina está cada vez mais relacionado com técnicas de Computação Gráfica principalmente pelos recursos dessa subárea da Ciência da Computação que podem ser aplicados de maneira específica para facilitar o ensino à distância.

Nesse contexto, um conceito que pode ser explorado em relação à produção de conteúdo digital para o ensino à distância é o de Objetos de Aprendizagem (OAs). OAs, do ponto de vista educacional, são conjuntos de conteúdos isolados que podem ser reutilizados

em vários contextos envolvendo o processo ensino e aprendizagem, servindo como blocos de construção que podem ser montados para criar lições, módulos ou cursos (Nugent, 2009). Geralmente os OAs digitais são estruturados e divididos em três partes bem definidas, o que os diferencia de outros recursos tecnológicos aplicados à educação (Braga Júnior, 2013). Um Objeto de Aprendizagem deve ter um objetivo, capaz de demonstrar ao aluno o que pode ser aprendido com ele, um conteúdo instrucional, que representa o conteúdo aprendido pelo aluno em si, e *feedback*, onde a cada final de utilização o aluno deve registrar a interação com o objeto para produção do conhecimento (Audino, 2010).

Pode-se considerar que a união das áreas da Ciência da Computação e da Medicina, que de forma independente já têm suas grandes importâncias em diversos campos científicos e sociais, representa uma junção de aspectos específicos de suas subáreas para prover melhorias em serviços prestados aos profissionais da saúde. Isso pode ocorrer devido à viabilização da capacitação desses profissionais, para consequentemente facilitar e promover a assistência aos pacientes.

1.2 MOTIVAÇÃO

São inúmeras as vantagens proporcionadas aos profissionais da Saúde e também aos pacientes envolvidos em transmissões de Telemedicina. Já foram citadas algumas delas, como a facilidade na colaboração, melhoria na comunicação e aumento na qualidade do ensino à distância. Sendo assim, pode-se considerar a Telemedicina como uma grande facilitadora no tratamento e diagnóstico de doenças, e também na troca de informações entre médicos para a realização de cirurgias.

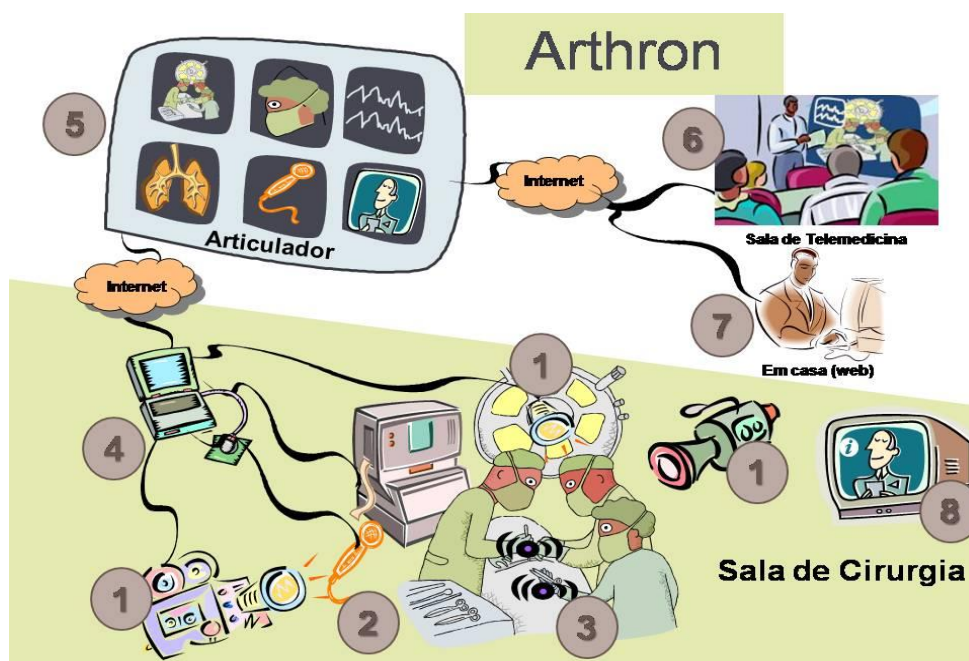
A Telemedicina e a Tecnologias de Informação e Comunicação agregam valores às aplicações para as quais são desenvolvidas, e juntas podem representar um ganho ainda maior para os usuários diretos e indiretos de sistemas que englobam essas duas vertentes, sejam eles médicos ou pacientes. Os benefícios promovidos pelas facilidades na disseminação de informações acerca de enfermidades por meio do ensino à distância, da capacitação e da colaboração entre equipes médicas distintas, como a obtenção de uma segunda opinião com uma maior facilidade, representam fatores motivacionais para este trabalho.

Nesse contexto, é importante que os fluxos de áudio e vídeo que compõem a cirurgia e que são transmitidos em tempo real juntamente com conteúdo multimídia, como modelos 3D que representam órgãos humanos, também possam estar disponíveis para outros profissionais da área da Saúde que não puderam estar presentes para acompanhar a transmissão do

procedimento cirúrgico em tempo real. Dessa maneira, pode-se armazenar as mídias de áudio, vídeo e modelos tridimensionais, com suas devidas interações e sincronias, que compuseram a transmissão original, para que possam ser reproduzidas novamente para um outro público.

A ferramenta Arthron (Vieira et al., 2012) possui uma infraestrutura de *hardware* e *software* com gerência remota para captura e distribuição segura de múltiplos fluxos simultâneos a fim de prover suporte a diversos cenários de vídeo colaboração em saúde. Um modelo conceitual da ferramenta é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Esquema do Modelo Conceitual da Arthron.



A Figura 2 apresenta um ambiente colaborativo, onde na parte inferior pode-se observar a ilustração de uma sala de cirurgia onde está sendo realizado um procedimento cirúrgico pela equipe médica e na parte superior estão representados os receptores dos fluxos de áudio e vídeo provenientes da sala de cirurgia. Os objetos marcados em 1 representam as fontes de captura de fluxos de vídeo e estão conectados a um computador; em 2 é apresentado um microfone que captura o áudio da sala, e assim como 1 está conectado a um computador; e em 3 são destacados os instrumentos utilizados para realizar o procedimento cirúrgico. O computador marcado em 4, que está conectado às fontes de captura de áudio e vídeo, possui acesso à Internet e encontra-se com a Arthron em execução. Em 5 pode-se observar o Articulador, componente responsável pelo gerenciamento de fluxos da ferramenta, que realiza o controle de chaveamento de fluxos para transmitir os ângulos mais relevantes da cirurgia aos receptores. Através da rede, os participantes na sala de Telemedicina (6) ou em casa (7)

podem assistir a transmissão em tempo real, desde que tenham permissão para acompanhar a sessão que está sendo exibida.

É importante destacar que a ferramenta Arthron possui um módulo para garantir a segurança na transmissão em tempo real de múltiplos fluxos de vídeo em alta definição, descrito por Vieira (2012). Os pacientes envolvidos no processo assinam um termo concordando com a transmissão segura dos fluxos de vídeo que envolvem suas cirurgias, mas essas informações são confidenciais e difundidas apenas para um público acadêmico restrito com fins educacionais.

A ferramenta Arthron foi desenvolvida em duas fases, através de um grupo de trabalho da Rede Nacional de Pesquisa (RNP). A infraestrutura de rede explicada anteriormente foi implementada durante a primeira fase do projeto, que ocorreu entre 2010 e 2011, e funciona basicamente através de um esquema baseado nos componentes emissor (Codificador), receptor (Decodificador) e gerenciador de fluxos (Articulador).

A segunda fase do projeto, que ocorreu entre 2011 e 2012, buscou aprimorar o serviço de transmissão de cirurgias ao vivo e, sobretudo, desenvolver serviços adicionais para o apoio à atividade de ensino e aprendizagem baseadas em colaboração e recuperação de informações (GTAVCS, 2014). Uma das melhorias que foram implementadas e agregadas à Arthron para atingir esse objetivo foi a implantação de um método para permitir a utilização de conteúdo 3D para experiência em Telemedicina, e dessa maneira garantir a interação entre médicos e profissionais da saúde não só por áudio e vídeo, mas também com o auxílio de um modelo tridimensional para ilustrar e auxiliar na comunicação à distância.

Vernon e Peckham (2002) descrevem os benefícios da utilização de modelos 3D e de animações no ensino da Medicina, e mostram que esses recursos podem ser combinados com vídeos ao vivo para enriquecer a transmissão, de maneira que se pode assistir ao vídeo e ao mesmo tempo visualizar um cenário que ilustra os tecidos internos de um determinado órgão do corpo ou uma animação específica para dar suporte ao ensino. Segundo Interact Medical (2011), a utilização de modelos anatômicos 3D permite a manipulação e a visualização das estruturas das mais variadas perspectivas, e isso é importante para visualizar melhor áreas que no corpo humano estão estruturadas e organizadas de maneira complexa. Através dos modelos 3D produzidos a partir de formas geometricamente definidas pode-se observar essas estruturas com uma maior clareza.

A utilização de conteúdo tridimensional em transmissões de Telemedicina representa um enriquecimento na experiência dos participantes, principalmente para os receptores da

mídia, que são capazes de visualizar com maiores detalhes, e de ângulos variados, modelos tridimensionais que simulam os órgãos do corpo humano que estarão envolvidos em um procedimento cirúrgico. Com base nos modelos, os integrantes da transmissão podem esclarecer alguns pontos como nomenclatura comum a ser utilizada, explicação do problema do paciente e definição precisa do procedimento a ser realizado de maneira mais intuitiva e interativa.

Ao recuperar uma experiência multimídia reproduzida em tempo real é importante que o usuário se sinta inteiramente envolvido no ambiente que lhe está sendo apresentado. Para tanto, é necessário que tanto fluxos de áudio e vídeo quanto modelos 3D com as devidas interações realizadas pelo médico sejam fielmente reproduzidos. Assim a experiência reproduzida poderá chegar o mais próximo possível do que foi visto pelos participantes que assistiram a transmissão em tempo real, tornando a reprodução mais completa.

1.3 OBJETIVOS

Este trabalho tem como **objetivo geral** desenvolver uma estratégia, num projeto de software, que permita gravar e, posteriormente em trabalhos futuros reproduzir as interações tridimensionais realizadas em tempo real no ambiente de Telemedicina, para que usuários futuros possam ter acesso ao conteúdo extra que foi visto na transmissão original, além de áudio e vídeo. Para alcançar este objetivo geral são traçados os seguintes **objetivos específicos**:

Objetivo 1. Identificar técnicas candidatas para gravação e reprodução de interações tridimensionais geradas em tempo real;

Objetivo 2. Propor e elaborar uma estratégia que permita a geração de conteúdo digital, passível de recuperação e indexação, a partir da experiência tridimensional;

Objetivo 3. Implementar a estratégia proposta e verificar sua aceitação através de uma prova de conceito.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho é apresentado em cinco capítulos, a saber: Introdução, Fundamentação Teórica, Trabalhos Correlatos, Estratégia para Gravação da Experiência 3D na Arthron e Considerações Finais.

Neste primeiro Capítulo foram apresentados uma contextualização do tema, uma motivação para o desenvolvimento do trabalho, o objetivo geral e os objetivos específicos, os

e esta visão geral sobre a estrutura da dissertação. No Capítulo 2 serão introduzidos os principais conceitos necessários para um melhor entendimento dos termos utilizados neste trabalho. No Capítulo 3 haverá um detalhamento de alguns dos trabalhos correlatos encontrados durante a realização de um mapeamento sistemático. O Capítulo 4 apresentará a estratégia para a gravação de conteúdo 3D no contexto da experiência multimídia em Telemedicina. Por fim, o Capítulo 5 apresentará as considerações finais deste trabalho, as contribuições e outros aspectos relacionados.

CAPÍTULO

2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho apresenta uma abordagem multidisciplinar que agrega conceitos oriundos de Campos et al., 2009, Braga (2008), Ramos e Santos (2006), Bailey et al. (1999) dentre outros. Neste capítulo os principais conceitos são apresentados e discutidos.

2.1 CONTEÚDO DIGITAL PARA ENSINO

A constante evolução do conhecimento científico tem transformado o treinamento profissional num processo contínuo para a manutenção da qualidade dos serviços. O treinamento adequado de profissionais deve ser visto como uma estratégia que deve elevar a eficiência dos serviços de saúde, já que melhorias educacionais bem sucedidas e com baixo custo tendem a reduzir a implantação de ações ineficazes que levam a procedimentos e condutas inadequadas por parte dos profissionais (Campos et al., 2009).

Segundo Campos et al. (2009), a maioria dos programas de treinamento oferecidos no Brasil tem um insucesso conhecido, e dentre os fatores para esse insucesso pode-se citar a ineficiência pedagógica, a deficiência de pessoal qualificado para desenvolver um programa contínuo de acompanhamento, a distância geográfica e a incompatibilidade entre o horário de trabalho e o horário destinado ao treinamento. Uma solução para parte desses problemas poderia ser a utilização de tecnologias interativas de ensino à distância que fazem uso de conteúdo digital.

Com base em afirmações positivas feitas por Wen (2008), Coscarelli (1998) e Gregoire (1996) acerca da utilização de sistemas virtuais para apoiar o ensino e a aprendizagem, pode-se afirmar que a criação de um sistema de ensino virtual de qualidade certamente proveria melhoria na educação e facilidades na obtenção de segundas opiniões de profissionais da saúde, e assim equipes médicas podem contribuir para elevar a capacidade de prevenir, diagnosticar e tratar doenças.

2.1.1 Computação Gráfica

Inicialmente a Computação Gráfica foi utilizada por militares para furar papéis a fim de imprimir gráficos de diversos tipos. Uma década depois, em 1950, passou-se a utilizar pontos, visualizados em tubos de raios catódicos, para representar linhas e formas no monitor. Em 1960 houve um aumento significativo na quantidade de pessoas interessadas no desenvolvimento da Computação Gráfica, o que tornou essa área bastante ampla (Hiertz, 2003). Assim, técnicas de Computação Gráfica passaram a ser utilizadas ao longo dos anos em diversos contextos, inclusive na geração de conteúdo digital para ensino a partir de sistemas virtuais, promovendo melhorias pedagógicas.

2.1.2 Conteúdo Didático Digital

Segundo Braga (2008), conteúdo didático digital é todo texto, imagem, som, vídeo, animação ou aplicação digitalizados, pertinentes e úteis na educação, presencial ou à distância. Bibeau (2003) considera conteúdos didáticos digitais referentes a *softwares* de edição e de comunicação (*softwares*, instrumentos, portais, motores de busca, de aplicações educativas), bem como dados, informações e obras (documentos de referências e bancos de informação), úteis ao ensino ou aprendizagem.

O conteúdo didático digital pode servir como auxiliar para o professor que, ao utilizar esse material como aparato tecnológico, pode expandir os meios de apresentação do conteúdo e viabilizar o aprendizado dos alunos. Para isso é necessário que seja assegurada a qualidade do material utilizado, de forma a não comprometer ou retardar a assimilação do conteúdo. Squires e Preece (1996) ressaltam a importância de a avaliação de material didático digital levar em conta tanto a aprendizagem quanto a usabilidade, buscando a integração dos dois aspectos (Godoi e Padovani, 2009).

2.1.3 Design Instrucional

Segundo Filatro (2004), *design* instrucional é a ação institucional e sistemática de ensino, que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a utilização de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em situações didáticas específicas, a fim de facilitar a aprendizagem humana a partir dos princípios de aprendizagem e instrução conhecidos.

Alguns princípios importantes norteiam o *design* instrucional, como coerência entre objetivos, ênfase na formação e desenvolvimento de competências, estímulo na autonomia,

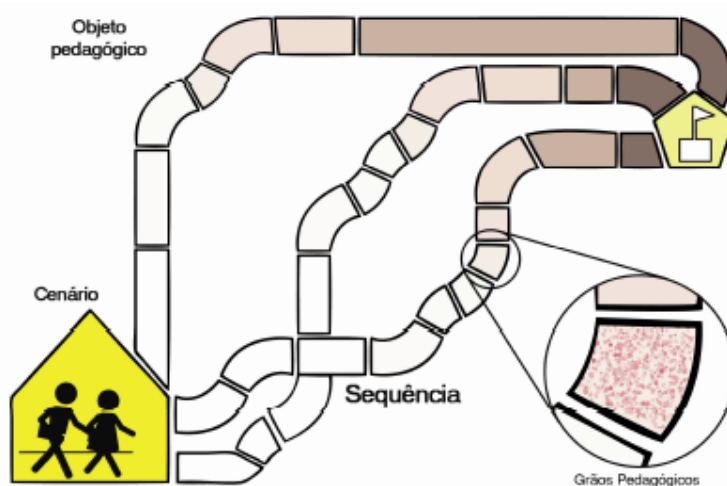
aprendizagem significativa e abordagem crítica-reflexiva dos conteúdos, e podem ser utilizados para planejar Objetos de Aprendizagem (Ramos e Santos, 2006).

No conceito de *design* instrucional, a palavra *design* retrata uma construção que pretende estabelecer objetivos futuros e encontrar uma forma de cumpri-los; e a palavra instrucional se refere a uma atividade de ensino que se utiliza da comunicação para facilitar a compreensão da verdade (Ramos e Santos, 2006).

2.1.4 Objetos de Aprendizagem

Braga (2008) define Objetos de Aprendizagem como todo dado, informação, conteúdo, pedaço de conteúdo, documento disponível pelo formato impresso, analógico ou digital que podem ser utilizados no contexto educativo. Ainda segundo Braga (2008), a produção de conteúdo para a educação à distância, na maioria das vezes, exige modularizar o conteúdo e decompô-lo em pequenos grãos ou pedaços que, em conjunto, formem um caminho/percurso pedagógico a ser seguido pelo estudante. Sendo assim, existe uma sequência de conteúdos granularizados, ou de OAs, que é definida pelo objetivo pedagógico, ou seja, pelas sequências que correspondem à aquisição do saber (conceito, habilidade, competência, atitude). Essa sequência de granularização do objeto pedagógico pode ser vista na Figura 3.

Figura 3. Representação de um percurso pedagógico. Fonte: Braga (2008).



Para se atingir o objetivo pedagógico, é necessário que o aluno percorra uma sequência de caminhos, e em cada caminho explore os grãos (Objetos de Aprendizagem) que o compõem.

Segundo Tarouco et al. (2003), as tecnologias de informação e comunicação (TICs) permitem criar material didático usando multimídia e interatividade, que tornam mais efetivos os ambientes de ensino-aprendizagem apoiados nas TICs.

A fim de explorar plenamente a modularidade e reutilização dos OAs, é importante haver um meio disponível para descrevê-los, organizá-los em repositórios e permitir buscá-los através de um *software*, de acordo com requisitos desejados. Uma solução comum para isso é anexar ao Objeto de Aprendizagem um metadado descritivo (Nugent, 2009), que poderá fornecer informações sobre características do OA, como título, autor, data, palavras-chave, dentre outros.

Tarouco et al. (2004) afirma que Objetos de Aprendizagem são mais eficientemente aproveitados quando organizados em uma classificação de metadados, e armazenados em um repositório integrável a um sistema de gerenciamento de aprendizagem.

Fabre et al. (2004) cita como benefícios da catalogação de objetos de aprendizagem os seguintes aspectos:

- Acessibilidade: pela possibilidade de acessar recursos educacionais em um local remoto e usá-los em muitos outros locais;
- Interoperabilidade: podendo utilizar componentes desenvolvidos em um local, com algum conjunto de ferramentas ou plataformas, ou em outros locais, com outras ferramentas e plataformas;
- Durabilidade: para continuar usando recursos educacionais quando a base tecnológica mudar, sem reprojetar ou recodificação.

2.2 TELEMEDICINA

Schlag et al. (1999) afirma que a transmissão de informações médicas por meios eletrônicos teve início há cerca de 40 anos e que atualmente a maioria das informações de exames pré-operatórios sobre alguma doença é produzida digitalmente (ressonância magnética, tomografias e ultrassonografias, por exemplo). Isso requer o desenvolvimento de ferramentas com uma capacidade maior de visualização de dados, como reconstrução 3D e fusão de imagens (Schlag et al., 1999) e sistemas de Telemedicina.

Segundo o Instituto de Medicina da Academia Nacional de Ciências (2012), a Telemedicina pode ser definida como o uso de tecnologias de informação e sistemas de telecomunicações para fornecer o suporte à saúde e à atenção médica quando a distância separa os participantes. Sendo assim, pode ser considerada uma forma de promover a

interação entre o paciente e os médicos (ou não médicos) que o acompanham, servindo como um facilitador na transmissão praticamente instantânea de informações clínicas quando não for possível um encontro presencial.

Segundo Lima et al. (2007), outra definição para Telemedicina é a troca de informações utilizando tecnologia de informação e de comunicação em saúde e a distância. Tais serviços são prestados por profissionais da área da saúde para o intercâmbio de informações válidas para diagnósticos, prevenção e tratamento de doenças e a contínua educação de prestadores de serviços em saúde, assim como para fins de pesquisas e avaliações.

A Telemedicina é também uma grande integradora social que facilita a troca de informações clínicas entre equipes médicas e pacientes que estejam em locais de difícil acesso, sem meios de se transportar até uma unidade física da clínica ou do hospital. Com o passar dos anos e o crescente avanço das tecnologias e dos sistemas de informação, os sistemas de Telemedicina estão cada vez mais sendo incorporados às unidades clínicas.

Podemos classificar a Telemedicina com relação ao propósito da aplicação, que se refere à finalidade da comunicação, e quanto à sua área de aplicação, que se refere ao domínio do campo médico (Leite, 2007). As áreas da Telemedicina que mais têm se destacado segundo o nível de maturidade são: aplicações maduras (teleradiologia e telepatologia), aplicações em fase de amadurecimento (telepsiquiatria, teledermatologia, telecardiologia e teleoftalmologia) e aplicações em desenvolvimento (telecirurgia, telepediatria e outras) (Krupinski et al., 2002).

É importante entender que a proposta de pesquisa neste campo é apoiar a cura e, se possível, prevenir doenças, reduzir enfermidades e aumentar a qualidade de vida da população (Bashshur, 2002), provendo o intercâmbio de informações válidas para diagnósticos, tratamento de doenças e a contínua educação de profissionais da saúde (Lima et al., 2007).

Exemplos de utilização prática de sistemas de Telemedicina em um hospital universitário podem ser vistos em Tavares et al. (2013-a). Neste artigo experiências do uso da Arthron no HULW localizado na UFPB são descritas. A abordagem utilizada é a transmissão ao vivo para sala de Telemedicina a partir da sala de cirurgia. A finalidade é ensino no curso de Medicina da UFPB na área de cirurgia e patologias do fígado. Uma característica interessante é a semelhança dessa experiência com os princípios de objetos de aprendizagem, uma vez que existe uma sequência de caminhos percorrida pelo profissional de Saúde e que é acompanhada pelos estudantes ao vivo. Nesse caso, a possibilidade de recuperação torna

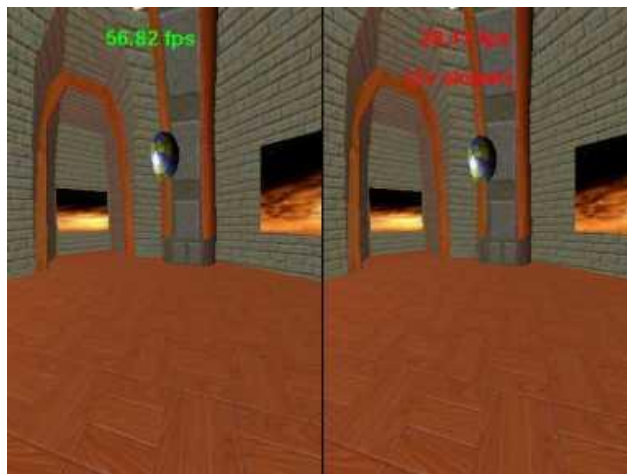
possível a exploração de cada caminho pelos alunos a posteriori. Adicionalmente, em Tavares et al. (2013-b) é discutida a incorporação de funcionalidades para interação com usuário, como interfaces baseadas em gestos, facilidade promovida por dispositivos como o Kinect (Microsoft, 2014). É relatado que essa funcionalidade é útil para a navegação em objetos tridimensionais que também são uma opção para o enriquecimento da atividade de aprendizagem neste sistema de telemedicina.

2.3 RECURSOS TRIDIMENSIONAIS

Segundo a ISO (International Organization for Standardization), citada por Azevedo e Conci (2003), Computação Gráfica pode ser definida como um conjunto de ferramentas e técnicas para converter dados para ou de um dispositivo gráfico através do computador. Essa área da Ciência da Computação visa estudar a geração, a manipulação e a análise de imagens através do computador e pode ser dividida pelo menos em três subáreas: síntese de imagens, processamento de imagens e visão computacional. Através de recursos tridimensionais da Computação Gráfica é possível criar cenários interativos em 3D compostos por diversos elementos.

Para este trabalho é considerada como cena tridimensional virtual aquela que contiver um ou mais elementos que simulam estruturas anatômicas com altura, largura e profundidade representados matematicamente em um software especializado, e que possam ser controlados através das interações do usuário, por meio de dispositivos de entrada. Os elementos que compõem a cena irão se comportar de acordo com essas interações, e gerar uma saída visual através do monitor. Um exemplo de cena tridimensional é visualizado na Figura 4 onde é ilustrado um cenário virtual de um jogo, com possibilidade de ser explorado pelos usuários nos eixos de altura, largura e profundidade. Neste cenário foi inserida uma esfera que pode ser manipulada através das interações do usuário, digamos que pelo teclado ou *mouse*. Os dados de entrada gerados pelo usuário farão com que a esfera deslize pelo cenário tridimensional, nos eixos x, y e z, produzindo uma saída visível para o usuário no monitor.

Figura 4. Representação de uma cena tridimensional. Fonte: Website, 2014.



Além da área de jogos, aplicações que envolvam Educação e Treinamento também podem se beneficiar dos recursos tridimensionais para preparar estudantes para desenvolver tarefas reais, oferecer a profissionais meios de treinar novas técnicas simulando diferentes situações genéricas (desassociadas das peculiaridades de uma situação ideal), auxiliando o processo educacional em diferentes faixas etárias e facilitando o ensino de hábitos a pacientes. Nesse contexto também estão os simuladores, cujo objetivo geral é permitir a prática de técnicas em ambientes que imitam a realidade de um procedimento ou criam situações hipotéticas para explicar ou ensinar algum conceito (Nunes et al., 2011). Na maioria das vezes sistemas dessa natureza fornecem visualização estereoscópica e preocupam-se em oferecer algum tipo de retorno (tátil, visual ou auditivo) às interações do usuário; os jogos também têm sido utilizados nesse contexto, de forma a favorecer uma maior motivação para o aprendizado de conteúdos (Nunes et al., 2011).

2.3.1 Modelo 3D

Segundo Bailey et al. (1999), um modelo 3D possui duas representações: uma descrição matemática com suas coordenadas, e uma forma visual do que esse modelo representa quando é renderizado através da união de suas faces, vértices e arestas no cenário 3D. Outra definição para modelo 3D, segundo Scandolieri e Siscoutto (2014), é uma representação matemática de qualquer superfície tridimensional de um objeto (seja inanimado ou vivo), e para renderizar esses modelos na tela do computador são utilizados os motores gráficos. Renderizar significa, basicamente, obter o resultado final do modelo após um processamento realizado. Na definição de Bailey et al.(1999), é o processo de obtenção de um

modelo geométrico, um modelo de iluminação, uma câmera de visualização e um parâmetro de geração de imagens para computar uma imagem.

As coordenadas dos modelos tridimensionais são armazenadas em arquivos, que podem ser interpretados através de implementações de *software* específicas para realizar a tradução dos dados presentes nesses arquivos e a posterior renderização para formar a cena.

A utilização de modelos tridimensionais como auxiliares no aprendizado ajuda estudantes a compreender o cenário de aplicação e, especificamente na área médica, facilita o entendimento de aspectos anatômicos e suas correlações com patologias. Sistemas com esse propósito podem complementar as ferramentas tradicionais utilizadas em salas de aula, se transformando em uma demonstração de uma clínica cirúrgica virtual que prende a atenção do estudante no contexto de um programa educacional (Campos et al., 2009).

O processo de produção de modelos tridimensionais envolve uma modelagem detalhada das estruturas que se deseja representar, através de *softwares* específicos como o Blender (Blender, 2014). Esse processo também pode ocorrer de maneira mais simplificada, através da utilização de dispositivos específicos para escanear um objeto do mundo real e digitalizar seus dados, de maneira a permitir sua reconstrução virtual. A produção de um modelo envolve preocupações com as texturas dos objetos e a fidelidade à estrutura de referência; a criação da cena que irá exibir esse modelo deve envolver aspectos relacionados à iluminação do ambiente, às interações que poderão ser realizadas pelo usuário, entre outros.

As transformações básicas que o usuário pode gerar através de dispositivos de interação, como mouse e teclado, e até dispositivos de interação natural, como o Kinect (Microsoft, 2014), são as de translação, rotação e escala, que estão representadas na Figura 5.

Figura 5. Ilustração do resultado das operações de translação, rotação e escala. Fonte: adaptada de Bailey et al. (1999).

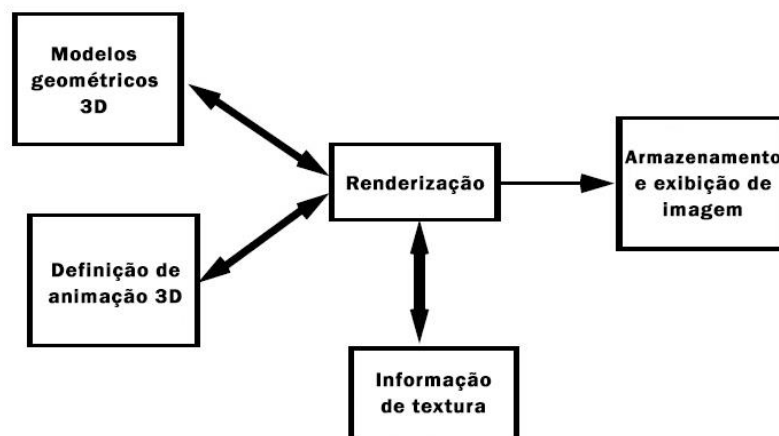


Segundo Bailey et al. (1999), translação é uma transformação geométrica que faz com que os pontos sejam movidos por espaçamentos constantes no eixo de cada coordenada; rotação é uma transformação geométrica que faz com que os pontos sejam rotacionados em

volta da origem de um eixo num determinado ângulo; escalonamento é uma transformação geométrica onde os pontos de uma coordenada são multiplicados por uma constante.

O curso natural do processo gráfico para aquisição, renderização e exibição de um modelo tridimensional está apresentado na Figura 6.

Figura 6. Resumo do processo gráfico. Fonte: adaptada de Bailey et al. (1999).



Através da obtenção do modelo geométrico do objeto tridimensional, da definição da animação 3D e das informações sobre a textura, o processo de renderização é realizado e assim a textura é mapeada para as áreas específicas do modelo. Dessa forma há o armazenamento da imagem e a sua exibição no cenário virtual, onde o modelo fica sujeito a “responder” às interações do usuário de acordo com o que foi definido em suas operações de mouse e teclado.

2.3.1.1 Tecnologias JAVA para 3D

OpenGL é um popular ambiente para o desenvolvimento de aplicações interativas portáteis que utilizam gráficos 2D e 3D. Desde seu surgimento em 1992, OpenGL tornou-se uma API (Application Programming Interface) amplamente utilizada para gráficos 2D e 3D, facilitando o desenvolvimento de milhares de aplicações para uma ampla variedade de plataformas de computador (OpenGL, 2013). OpenGL promove a inovação e acelera o desenvolvimento de aplicativos, incorporando um amplo conjunto de primitivas para renderização, mapeamento de texturas, efeitos especiais, e outras funções de visualização avançadas.

O projeto Java OpenGL (JOGL) hospeda a versão da API OpenGL para Java, e foi projetado para fornecer suporte a aplicações de Computação Gráfica desenvolvidas em Java (JogAmp, 2013). Davison (2007) descreve os passos para a implementação e o funcionamento

do pacote OBJLoader, que utiliza JOGL, e é capaz de carregar modelos tridimensionais e materiais, que formam suas texturas, que estão armazenados em arquivos nos formatos OBJ e MTL.

2.4 EXPERIÊNCIA MULTIMÍDIA

Majoe (2009) trata a experiência multimídia como à criação de conteúdo multimídia em tempo real através da interação entre usuário e sistema. O autor descreve um sistema interativo que captura movimentos de dança, mapeia-os em vários níveis de complexidade, reconhece-os, classifica-os e por fim gera um conteúdo multimídia representando aquela dança. Assim, cada usuário pode criar seu conteúdo multimídia em tempo real e de forma individualizada.

Segundo Braga Júnior (2013), na perspectiva dos usuários, multimídia significa uma combinação de duas ou mais mídias contínuas sendo reproduzidas num dado intervalo de tempo - usualmente áudio e vídeo. Integrar todas essas mídias em um computador, permite-nos usar o poder computacional para representar a informação interativamente. Segundo Jensen (1998), interatividade é uma medida do potencial de habilidade de uma mídia permitir que o usuário exerça influência sobre o conteúdo ou a forma da comunicação mediada.

A Figura 7 apresenta uma experiência multimídia que foi transmitida no HULW. Na imagem pode-se observar a sala de Telemedicina, onde há um médico para explicar o procedimento cirúrgico e estudantes que estão vivenciando a experiência multimídia. Os participantes têm acesso a diversos fluxos oriundos da sala de cirurgia, transmitidos em tempo real. Esses fluxos podem abranger exames, modelos tridimensionais, vídeos, áudios, entre outros. O médico que está na sala de Telemedicina pode se comunicar com a equipe cirúrgica através de áudio, vídeo e outros recursos multimídia, pois no ambiente cirúrgico há um receptor de fluxos da sala de Telemedicina.

Figura 7. Experiência multimídia vivenciada no HULW da UFPB.



Assim, a visão de dentro da sala de cirurgia provavelmente será formada por fluxos dos espectadores, para permitir a interação (e também segunda opinião), e fluxos de mídia da própria cirurgia como imagens médicas e imagem de uma endocâmera. Já a visão de um espectador que está fora da sala de cirurgia, como mostra a Figura 7, é normalmente composta por uma sequência de fluxos de mídias oriundas da sala de cirurgia (Braga Júnior, 2013).

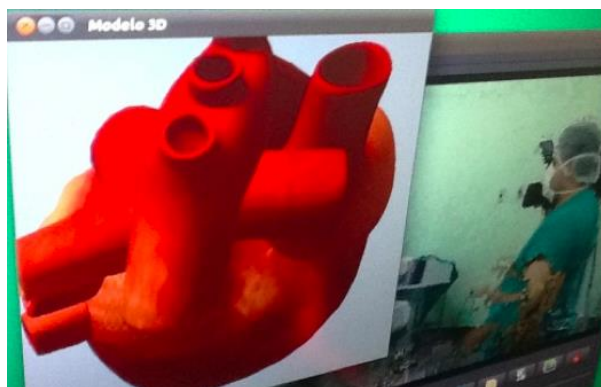
2.5 EXPERIÊNCIA TRIDIMENSIONAL

Analogamente à experiência multimídia definida anteriormente, é possível definir também uma experiência tridimensional. Dessa forma, a experiência tridimensional proporciona ao usuário a sensação de navegar em um mundo virtual com *interface* em três dimensões. Essa é uma facilidade cada vez mais comum nos espaços multimídia interativos, como o atlas anatômico 3D interativo para treinamento à distância, proposto por Tori et al. (2009), o laboratório virtual 3D de fisiologia apresentado em Santos et al. (2006) e o ambiente virtual de ensino 3D para apoio ao ensino da engenharia biomédica (Moreira et al., 2008). Além de fazer uso de metáforas do mundo real, o 3D promove a sensação de imersão e aumenta a percepção de usuários nesses ambientes. Além das mídias, outra inovação é

proporcionada pelo aprimoramento dos dispositivos de interação, como é o caso da interação natural.

A Figura 8 apresenta a manipulação de um objeto 3D que representa o coração humano. Essa manipulação está relacionada com o fluxo de vídeo gerado pela transmissão do procedimento cirúrgico. A utilização do objeto 3D permite, por exemplo, a comparação de um função sadia de um organismo com uma patologia, o que é muito útil como ferramenta de ensino para estudantes que estão vivenciando a experiência tridimensional ao vivo.

Figura 8. Experiência tridimensional vivenciada no HULW da UFPB.



Dessa forma, os sistemas multimídia de modo geral têm agregado novas capacidades (interatividade, hipertexto, 3D, interação natural) com o intuito de proporcionar uma experiência de interação cada vez mais rica aos seus usuários. Nesse contexto, o conceito de experiência tridimensional envolve tanto a percepção, a sensação e a recuperação da interação em sistemas ou modelos tridimensionais.

3

TRABALHOS CORRELATOS

A partir da atualização de um estudo de mapeamento sistemático realizado por Oliveira e Tavares (2012), foram identificados alguns trabalhos correlatos com o que se propõe nesta pesquisa. Para ser considerado como artigo correlato o trabalho precisou atender alguns critérios. A princípio o artigo deve abordar sobre fluxos de vídeos, de preferência em tempo real, e adição de conteúdos extras preferencialmente no contexto de Telemedicina. Esse conteúdo extra pode ser um objeto 3D, um texto ou anotação, uma imagem, ou qualquer outro dado que tenha efeito visual sobre o fluxo de vídeo. Porém, também foram considerados trabalhos onde havia apenas a utilização de conteúdo tridimensional no contexto de Telemedicina.

Em 2014 foi realizada uma atualização do mapeamento sistemático, na qual foram incluídos alguns trabalhos através de pesquisas manuais.

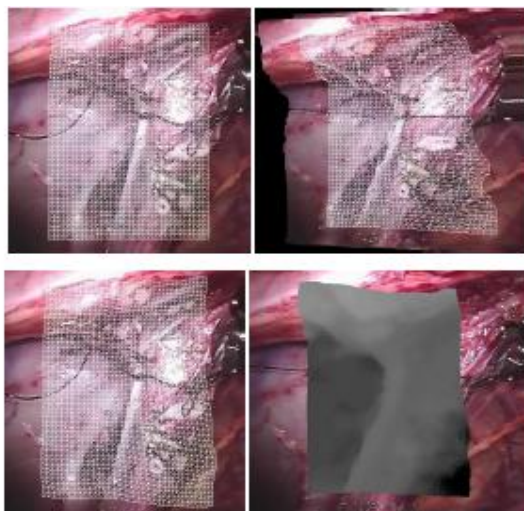
3.1 SOBREPOSIÇÃO DE IMAGENS PRÉ-OPERATÓRIAS EM VÍDEOS DE CIRURGIAS MINIMAMENTE INVASIVAS

Vagvolgyi et al. (2008) apresenta um sistema que é capaz de identificar superfícies do corpo humano, em tempo real, durante uma cirurgia minimamente invasiva que está sendo transmitida, e sobrepor no vídeo imagens de exames pré-operatórios nos órgãos que estão sendo operados. Uma cirurgia minimamente invasiva é uma técnica caracterizada pela inserção de instrumentos pelo corpo por meio de pequenas incisões, de maneira que a cirurgia é guiada com base na visualização de um vídeo em tempo real.

O sistema funciona em três etapas: A primeira é a captura da imagem estereoscópica em tempo real, adquirida durante a cirurgia através de um sistema de visão computacional, para extrair informações geométricas. A segunda etapa é um registro eficiente de superfícies deformáveis. A terceira etapa consiste na exibição das informações em conjunto da visão

estereoscópica. Com isso mostra-se a capacidade de gravar vídeos para registro de volume e exibi-los junto com imagens obtidas anteriormente à cirurgia, em tempo real.

Figura 9. Processo de identificação da região e sobreposição de imagem.



Após a captura da imagem estereoscópica e da análise e geração de superfície, a sobreposição 3D do volume é realizada, como pode ser visto na Figura 9. Para isso uma *engine* de renderização 3D foi especialmente desenvolvida para o projeto. O sistema não usa nenhum *hardware* de aceleração gráfica para manter compartilhamento de memória com o algoritmo de detecção de superfície. Este motor de renderização incorpora todas as funcionalidades de um *pipeline* gráfico típico, incluindo operações de transformação geométrica com *Z-buffering*, modelos de iluminação, textura e várias formas de visualização. O sistema final pode renderizar 5 milhões de triângulos por segundo com textura e iluminação em um *Pentium 4 Dual* de 3.2 Ghz. Durante esse processo foi necessária a ajuda de um cirurgião para criação de modelos 3D.

3.2 ALGORITMO DE DETECÇÃO DE BORDAS PARA PRODUÇÃO DE MODELOS 3D

Hansen et al. (2010) aborda um método baseado em realidade aumentada para renderização de objetos 3D para fins de Telemedicina, e sua principal contribuição é a construção de um algoritmo de detecção de bordas e extração de silhuetas para produção de modelos tridimensionais.

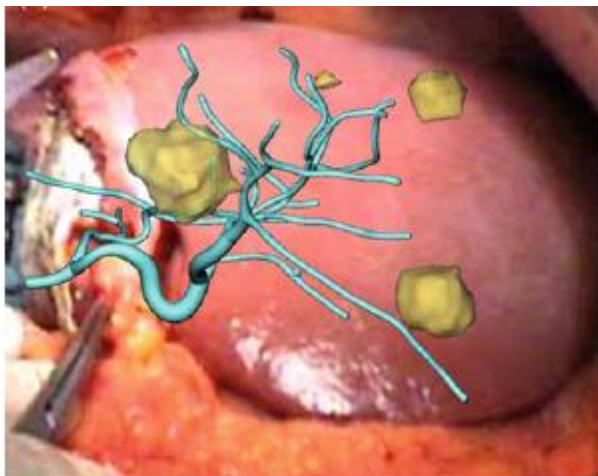
Para testes, os algoritmos desenvolvidos foram incorporados a um protótipo clínico de cirurgia, obtendo bons resultados principalmente quanto à fidelidade das dimensões dos modelos, que se aproximam das medidas reais dos órgãos do corpo humano. Foram

estabelecidos quatro requisitos quanto à visualização dos fluxos virtualmente aumentados: a profundidade espacial dos modelos deve ser percebida até em imagens estáticas; a oclusão da vista cirúrgica deve ser mínima; as transições de cor e brilho devem ser evitadas para garantir um contraste máximo; e os equipamentos técnicos necessários não devem prejudicar o cirurgião.

Hansen et al. (2010) enfocam o que chamam de codificação de distância de silhuetas, fazendo um balanceamento entre simplicidade de visualização e visualização dos principais pontos ou características de um determinado objeto (evitando a perda de informação). Para isso, foram implementadas duas configurações de renderização de silhuetas opcionais. A primeira configuração permite a variação da espessura do traço de silhuetas continuamente usando a distância de objetos relevantes como entrada, e a segunda configuração utiliza diferentes estilos de traçado (sólido, tracejado ou pontilhado) para acentuar as relações espaciais dos objetos.

O processo de sobreposição não acontece em tempo real, mas em um vídeo previamente gravado. A Figura 10 mostra o resultado de uma sobreposição de um modelo gerado através da utilização do algoritmo em um vídeo de cirurgia de fígado.

Figura 10. Renderização de um modelo produzido através do algoritmo em uma cirurgia de fígado.



3.3 PROJETO HOMEM VIRTUAL

O Homem Virtual foi criado em 2003 pelos professores doutores György Miklós Böhm e Chao Lung Wen, da disciplina de Telemedicina da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), que buscavam um novo método para transmitir conhecimentos sobre saúde. O projeto consiste basicamente no desenvolvimento de modelos

tridimensionais das estruturas do corpo humano, utilizando recursos da Computação Gráfica, aliado a projetos de diversas áreas (Projeto Homem Virtual, 2012).

O objetivo não é só a compreensão da anatomia e fisiologia, mas também a demonstração de patologias, ações dos medicamentos e das técnicas de procedimentos cirúrgicos. Essas características tornam o Homem Virtual uma moderna ferramenta educacional, como ilhas de conhecimento aplicáveis a públicos-alvo distintos, dentro de estratégias pedagógicas que visam objetivos específicos (Projeto Homem Virtual, 2012).

Wen (2008) reforça que esses objetos de aprendizagem podem ser agregados recursos como roteirização de assuntos com inclusão de mensagens significativas, sonoplastia e narração para reforçar a transmissão de conhecimentos como recurso complementar no processo de aprendizado.

Wen (2008) afirma também que a utilização do Homem Virtual em aulas de odontologia conseguiu economizar até 70% do tempo do professor, e sugere que o educador utilize o tempo ganho para interagir com os estudantes, desenvolvendo o raciocínio e a contextualização prática. Essa ferramenta pode ser utilizada em ambiente educacional tanto presencial como à distância e uma de suas propostas é representar o corpo humano do homem e da mulher, em diferentes idades desde a vida embrionária.

Alguns dos 21 temas do Projeto Homem Virtual estão apresentados na Figura 11.

Figura 11. Seis temas do Projeto Homem Virtual.



Campos et al. (2009) descreve o Projeto do Homem Virtual como uma ferramenta de Computação Gráfica que auxilia na aprendizagem dos alunos da área de saúde. Com o uso de modelagem 3D de estruturas do corpo humano, o *software* pode simular eventos fisiológicos, anatômicos e patológicos e reproduzi-los juntamente com imagens, sons e vídeos. Os sistemas desenvolvidos fazem parte do Programa Nacional de Telessaúde e são utilizados em cursos à distância com seus objetos de aprendizagem aliados às funções pedagógicas definidas. A Figura 12 apresenta outra representação do Homem Virtual.

Figura 12. Representação do Homem Virtual.



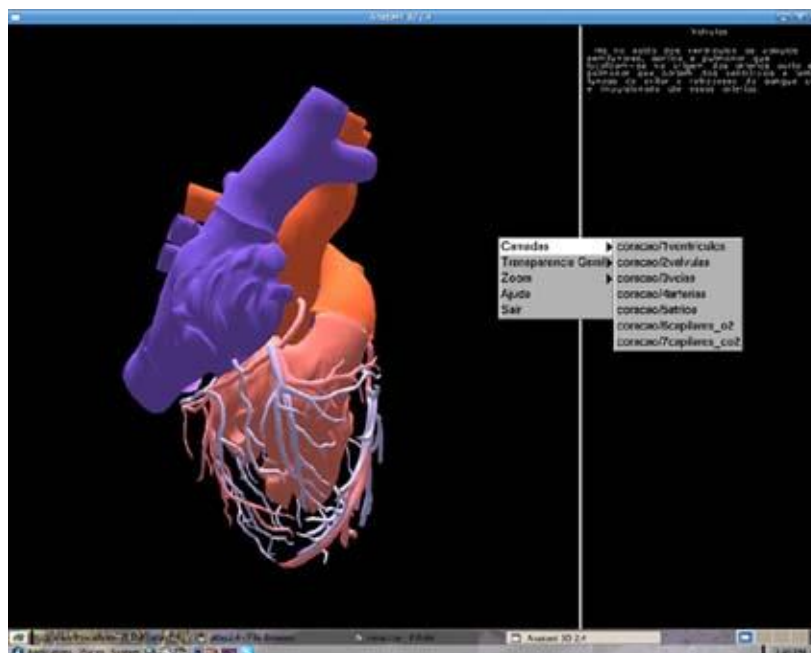
3.4 ANATOMI 3D

O Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LABTEVE) é um laboratório de cunho multi e interdisciplinar, vinculado ao Departamento de Estatística da UFPB, criado no ano 2000 com o intuito de desenvolver e integrar tecnologias voltadas ao Ensino Virtual e Ensino a Distância. Neste contexto, inclui-se o uso de diversas metodologias com o objetivo prover e apoiar o aprendizado de alunos por sistemas que disponibilizem informações acessíveis de qualquer parte e a qualquer momento, bem como treinar alunos e professores para manipularem tais tecnologias (LABTEVE, 2012).

O LABTEVE desenvolve projetos científicos, tecnológicos e de inovação, e dentre as principais linhas de pesquisa pode-se citar como correlatas ao tema deste trabalho o ensino à distância e a Computação Gráfica.

Um dos seus projetos é o AnatomI 3D, apresentado na Figura 13, um atlas digital baseado em Realidade Virtual que permite visualizar, de forma interativa, estruturas tridimensionais do corpo humano associadas a textos explicativos. O atlas permite a visualização de quaisquer estruturas anatômicas escolhidas pelo usuário, oferecendo meios de consulta individual ou agrupada destas estruturas (LABTEVE, 2012).

Figura 13. AnatomI 3D.

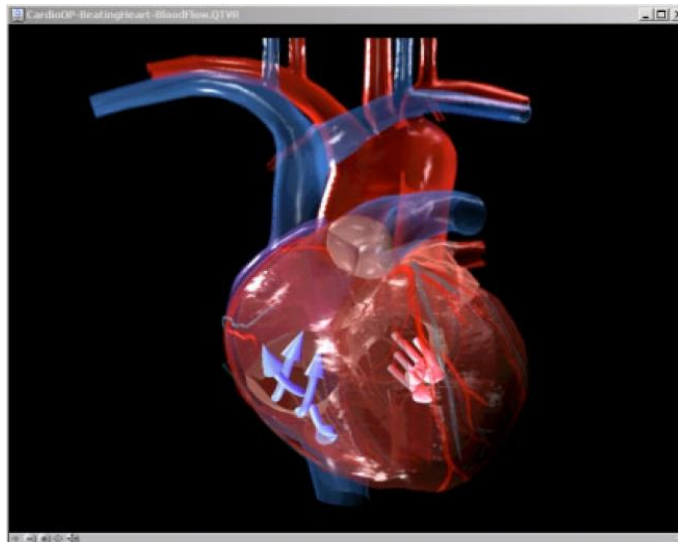


3.5 CARDIOOP

A ferramenta educacional online CardioOP, apresentada por Friedl et al. (2002), permite a interação com objetos 3D que representam o coração humano e sua vizinhança. Os modelos podem ser rotacionados, redimensionados e utilizados por diferentes grupos de usuários em diferentes contextos que necessitem de aplicações de realidade virtual e visualizações em 3D para fins educativos. Há também a possibilidade de realizar anotações nos modelos, e isso fica armazenado em um banco de dados orientado. Para as anotações foi utilizada uma ferramenta própria (CardioOp-data-Clas) e outra não própria (AnnotationTool, descrita em Westermann (1999)). Para cada contexto (cirurgia do coração, isquemia, procedimentos cirúrgicos) o coração é visto sob um aspecto diferente, correspondendo ao tipo de patologia a ser estudada, já que o objetivo principal da realidade virtual é apresentar objetos virtuais ou cenas completas de maneira idêntica ao seu correspondente natural. Sumarizando, a ferramenta possui modelos 3D específicos para o aprendizado, onde podem ser percebidos e explicados os motivos para a realização de cirurgias no coração.

O CardioOP permite visualizações internas de veias, artérias e tecidos, como pode ser observado na Figura 14.

Figura 14. Modelo do coração humano com área semitransparente no CardioOP.



3.6 CVC

Ainda no cenário de ambientes colaborativos e remotos, Johnson et al. (1999) propõe uma Clínica Virtual Colaborativa (CVC) desenvolvida pelo Centro de Bioinformática da NASA. A CVC permitirá que sites colaborativos sejam acessados e que neles possa haver a visualização e a manipulação de imagens médicas tridimensionais. Essas imagens são geradas a partir de dados do paciente obtidos a partir de exames médicos como ressonância magnética, tomografia computadorizada e ecocardiograma.

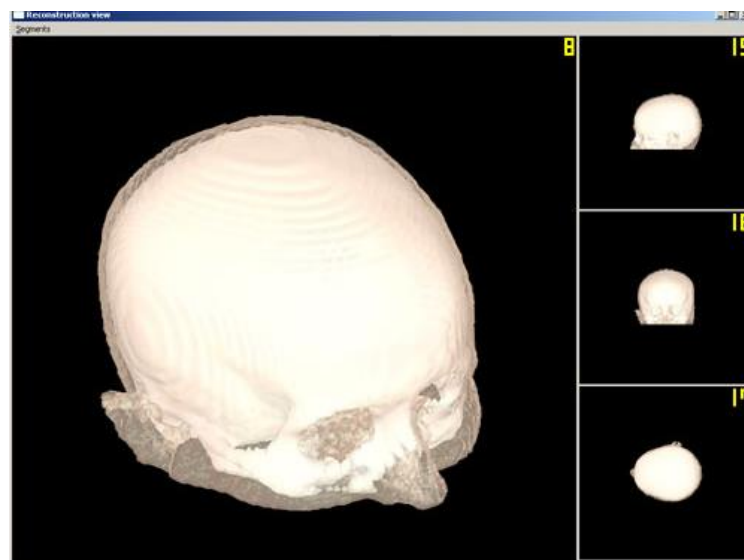
Utilizando essa aplicação, médicos de diferentes regiões geográficas podem consultar especialistas na rede para discutir opções de tratamento de pacientes ou para praticar técnicas complexas antes das cirurgias. A característica marcante do sistema é a possibilidade de, quando um médico manipular uma imagem em sua área de trabalho, todos os outros que estiverem conectados poderão visualizar exatamente a mesma imagem, com os mesmos movimentos. Assim, simulações de cirurgias podem ser realizadas e transmitidas para várias partes do mundo.

A CVC é uma aplicação cliente-servidor. No entanto, em contraste com outras aplicações de Telemedicina anteriores, o servidor faz a renderização de imagem de alta resolução, e o *display* resultante é transmitido para os clientes remotos através da rede. Então é necessário que o servidor seja uma estação de trabalho dedicada, mas os clientes podem ser computadores comuns. Vários testes foram realizados para verificar o funcionamento da aplicação, a largura de banda utilizada e a perda de pacotes e foram obtidos bons resultados em geral.

3.7 CYCLOPS

O projeto Cyclops (Cyclops, 2014) possui uma linha de pesquisa em computação gráfica e modelos especiais dedicada ao desenvolvimento de técnicas de modelagem que permitem a visualização de dados médicos em 3D e 4D (como pode ser visto um exemplo na Figura 15) para apoiar o diagnóstico de doenças. Além disso, permite simulações de procedimentos operatórios através da modelagem de tecidos e estruturas orgânicas. Atualmente o grupo desenvolve técnicas para aquisição de dados volumétricos de pilhas de imagens para construir uma sala de operação virtual cooperativa de baixo custo.

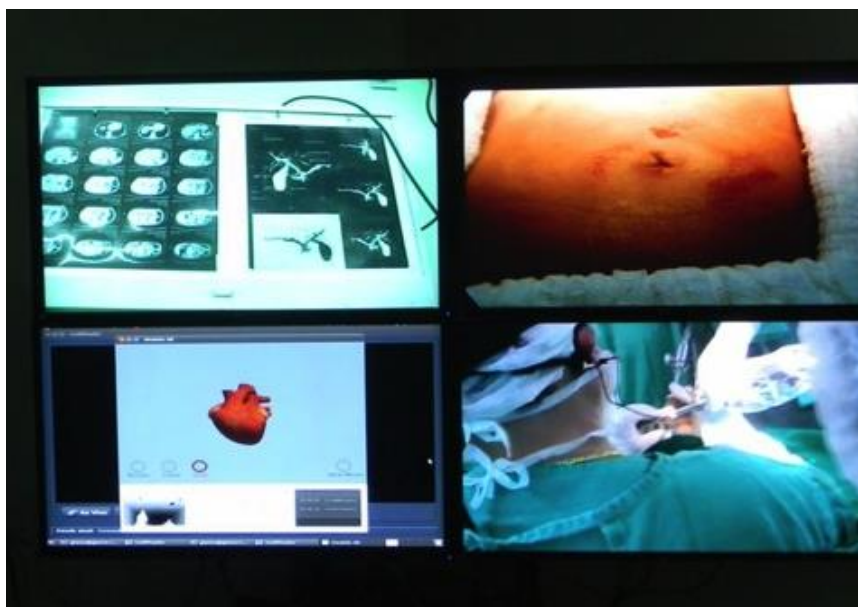
Figura 15. Visualização de dados médicos no Cyclops.



3.8 MÓDULO 3D DA ARTHRON

Em Oliveira e Tavares (2012) é proposta uma estratégia para utilização de conteúdo 3D em um sistema de Telemedicina, com o objetivo de enriquecer a experiência do usuário ao assistir vídeos de cirurgia em conjunto com a mídia tridimensional (Figura 16). Assim, profissionais da saúde poderão ter sua comunicação facilitada através de meios interativos, intuitivos e imersivos, possibilitando a manipulação dos modelos através de dispositivos de interação natural, permitindo uma melhor discussão a respeito do tratamento das enfermidades dos pacientes.

Figura 16. Ferramenta Arthron durante transmissão de cirurgia com experiência 3D.



3.9 COMPARATIVO

No mapeamento sistemático foram encontrados *papers* que apresentam propostas de ferramentas de Telemedicina para auxiliar o ensino à distância e propor modelos interativos em 3D que simulam os órgãos humanos, além de infraestruturas para uma transferência de dados mais eficiente. Com as informações obtidas a partir do estudo dos trabalhos correlatos, é possível realizar uma comparação com a estratégia proposta neste trabalho, a ser incorporada à ferramenta Arthron.

Vagvolgyi et al. (2008) realiza uma análise em tempo real do fluxo de vídeo (estereoscópico) de uma cirurgia minimamente invasiva onde as bordas e superfícies do órgão em foco são detectadas e algoritmos de renderização 3D são aplicados para mostrar conjuntamente e de forma sobreposta o modelo 3D do órgão e o fluxo de vídeo original.

Hansen et al. (2010) propõe um sistema para Telemedicina semelhante ao de Vagvolgyi (2008), porém não trabalha com imagens estereoscópicas e dá um enfoque maior à construção de modelos através de um algoritmo de detecção de bordas com aplicações de texturas mais realísticas a fim de fornecer uma melhor imersão aos usuários.

Wen (2008) apresenta o Homem Virtual, que é uma proposta para desenvolver e exibir modelos tridimensionais de estruturas do corpo humano de maneira a formar várias aplicações específicas destinadas ao estudo dos sistemas, tecidos e órgãos do corpo humano. Além disso, o projeto prevê também o aprendizado imersivo através da utilização de sons e

mensagens significativas para enriquecer o aprendizado. A exibição de modelos tridimensionais retratada no projeto não tem relação direta com vídeos de cirurgias.

O AnatomI 3D constitui um atlas digital que permite visualizar e manipular diretamente estruturas do corpo humano através de modelos tridimensionais e textos explicativos, e não apresenta relação com vídeos de cirurgias.

O CardioOP, proposto por Friedl et al. (2002), também não apresenta ligação com vídeos de cirurgias, e foca a utilização de modelos tridimensionais que simulam o coração humano de maneira a destacar nas animações as possíveis patologias que podem atingir esse órgão, facilitando assim o ensino à distância e esclarecendo pontos de dúvidas dos estudantes residentes.

Johnson et al. (1999) apresenta a CVC, que é um sistema para manipulação direta de modelos e que pode ser acessada a partir de diferentes *websites* colaborativos. O usuário que está operando o servidor da aplicação manipula o objeto 3D e os participantes que estão acompanhando nos outros *websites*, os clientes, poderão observar as interações feitas no servidor. A CVC é um tipo de infraestrutura de rede que dá suporte a esses serviços, e também não se relaciona diretamente com vídeos de cirurgias.

O projeto Cyclops realiza pesquisa e desenvolvimento em técnicas para permitir a visualização de modelos anatômicos em 3D e 4D para dar suporte ao diagnóstico médico, além de adquirir dados volumétricos de pilhas de imagens para construir uma sala de operação virtual.

Oliveira e Tavares (2012) apresentam uma técnica que permite a visualização de estruturas 3D que simulam os órgãos do corpo humano como parte de uma ferramenta de transmissão de vídeos de cirurgias em tempo real.

A Tabela 1 apresenta um quadro comparativo entre os trabalhos correlatos apresentados neste capítulo, destacando a abrangência de cada um em relação a alguns pontos específicos. A coluna de classificação representa a taxonomia na qual cada trabalho pode ser inserido e abrange os temas de sobreposição, autoria e produção, exibição de modelos 3D e infraestrutura.

Tabela 1. Comparativo entre trabalhos correlatos.

TRABALHO	CLASSIFICAÇÃO	VÍDEOS DE CIRURGIAS	MANIPULAÇÃO DIRETA	GRAVAÇÃO E RECUPERAÇÃO PARA 3D
Vagvolgyi et al., 2008	Sobreposição de modelos 3D	Ao vivo	Não	Não
Hansen et al., 2010	Autoria e produção de modelos 3D	Gravado	Não	Não
Wen, 2008	Exibição de modelos 3D	Não	Sim	Não
LABTEVE, 2012	Exibição de modelos 3D	Não	Sim	Não
Friedl et al., 2002	Exibição de modelos 3D	Não	Sim	Não
Johnson et al., 1999	Infraestrutura/Exibição de modelos 3D	Não	Sim	Não
Cyclops, 2014	Autoria, produção e exibição de modelos 3D	Não	Sim	Não
Oliveira e Tavares (2012)	Exibição de modelos 3D	Ao vivo e gravado	Sim	Não

Como pode ser observado na Tabela 1 os trabalhos consideram a exibição de objetos tridimensionais, no entanto, não tratam esses objetos como conteúdo que pode ser recuperado e indexado pelas aplicações ou ambientes virtuais. Dessa forma, nosso desafio é oportunizar que essas experiências também possam figurar no conteúdo gerado para fins de recuperação e indexação. Para tanto, é introduzida uma estratégia para permitir a gravação e a recuperação de experiências tridimensionais tornando essa experiência parte do conteúdo armazenado. Para fins de prova de conceito, um estudo mais específico e posterior validação da estratégia, utiliza-se da ferramenta Arthron, mais especificamente do módulo 3D (Oliveira e Tavares, 2012) como estudo de caso. Apenas a ferramenta Arthron foi utilizada como estudo de caso por causa da facilidade de acesso, já que ela foi desenvolvida em um laboratório da UFPB, e também por uma necessidade dos usuários da ferramenta na época (médicos do

HULW). No entanto, a estratégia proposta em forma de software pode ser incorporada às demais ferramentas da Tabela 1.

CAPÍTULO

4

ESTRATÉGIA PARA GRAVAÇÃO DA EXPERIÊNCIA 3D NA ARTHRON

Nesta seção é detalhada a estratégia apresentada neste trabalho. Primeiramente é apresentada a ferramenta Arthron, que é usada como estudo de caso, e então a proposta é descrita em termos de cenários de aplicação, visão conceitual e detalhes de implementação.

Destaca-se que devido à necessidade de transmissão de fluxos de vídeo envolver cirurgias de seres humanos realizadas no HULW, a proposta deste trabalho foi submetida ao comitê de ética do mesmo hospital e aprovada sob o parecer nº 334.412.

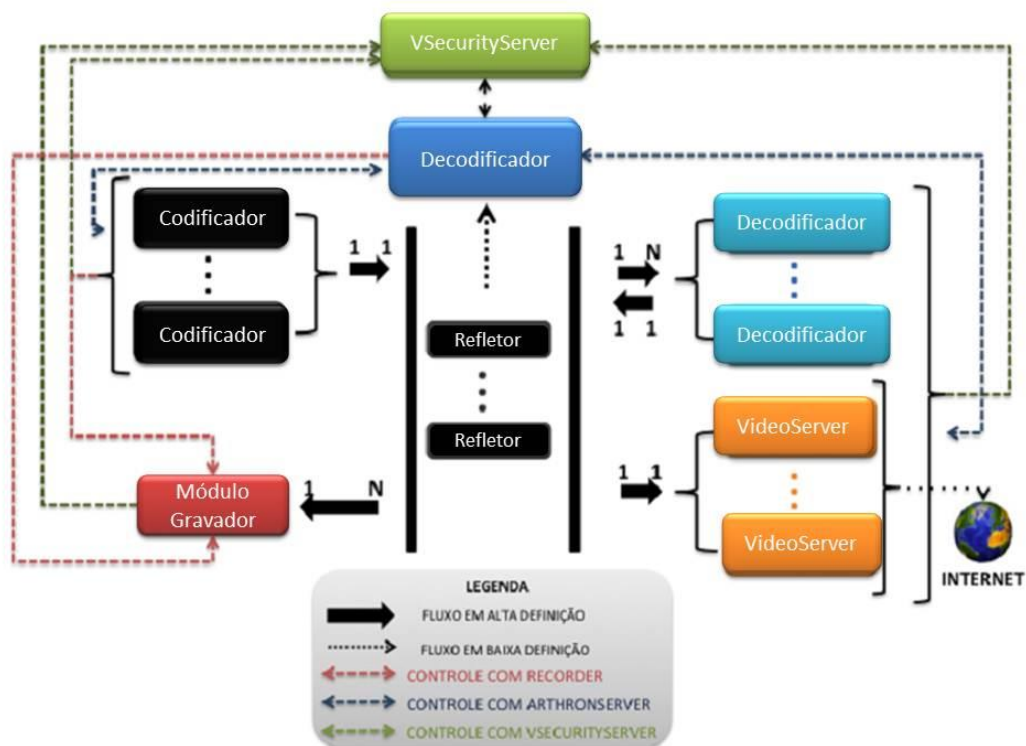
4.1 ARTHRON PARA TELEMEDICINA

A Arthron é uma ferramenta de gerenciamento remoto que permite a captura e a distribuição de múltiplos fluxos simultâneos de mídia em tempo real (Vieira et al., 2012). Em sua versão atual a Arthron apresenta o paradigma Web, através do uso de uma arquitetura baseada em serviço que resulta em uma maior usabilidade e comunicabilidade entre os componentes do sistema.

A arquitetura atual da ferramenta é apresentada na Figura 17, onde é possível verificar que os módulos que a constituem são: os *Codificadores*, responsáveis pelo controle da captura dos fluxos de mídia; os *Decodificadores*, que possibilitam a visualização de um dos fluxos originários dos *Codificadores* por vez, o *VSecuriyServer*, responsável pela segurança do sistema; o *ArthronServer*, que é responsável pelo gerenciamento dos componentes emissores

(Codificadores) e receptores (Decodificadores) e dos fluxos que trafegam entre eles; os *Refletores*, que permitem fazer a redistribuição dos fluxos caso seja necessário; o *VideoServer*, responsável pela conversão e distribuição de fluxos no protocolo HTTP; e o *Módulo Gravador*, que permite a gravação e recuperação da experiência de áudio e vídeo dos usuários que utilizaram os componentes de recepção ou emissão.

Figura 17. Arquitetura da ferramenta Arthron. Fonte: Braga Júnior (2013).



A Arthron costumava ser utilizada para a transmissão de cirurgias em tempo real no HULW, permitindo a visualização do procedimento cirúrgico por meio de diversos ângulos devido aos seus componentes que facilitam o chaveamento entre os fluxos. Para explorar o caráter didático desse recurso e enriquecer as aulas de cursos da área da Saúde, um médico permanece na sala de Telemedicina, onde pode ser acompanhada a transmissão, e esclarece questões relacionadas ao procedimento visto no vídeo, podendo também interagir com o médico que está realizando a cirurgia através do microfone. Essa tem sido uma prática bem sucedida e bem aceita tanto pelos profissionais da Saúde envolvidos no processo, quanto pelos alunos que participam das transmissões.

A Figura 18 mostra uma sessão de transmissão de cirurgia em tempo real para alunos do curso de Medicina da UFPB.

Figura 18. Transmissão de cirurgia no HULW usando a Arthron.



4.1.1 A Incorporação do 3D na Arthron

A ideia de gravar e reproduzir experiências multimídia com modelos 3D na Arthron foi motivada pelo caráter educacional e/ou profissionalizante de seu uso na Telemedicina. Entretanto, até o presente momento é realizada apenas a gravação de áudio e vídeo, de modo que as interações com modelos tridimensionais só podem ser vistas por quem estiver acompanhando a transmissão em tempo real.

Dessa forma, podemos destacar três áreas de aplicação para esta ferramenta:

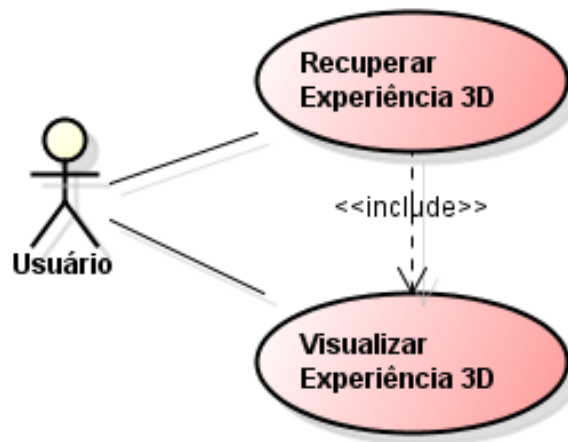
- (i) a primeira área de aplicação refere-se à atividade de ensino em Saúde. Nesse caso a ferramenta possibilita a recuperação das informações relacionadas aos modelos tridimensionais que foram utilizados pelo médico/professor, durante a aula em que o aluno não compareceu. Isso deverá ser feito através da recuperação de uma experiência multimídia que inclui os modelos 3D, em conjunto com o *Recording Module* já existente na ferramenta Arthron;
- (ii) a segunda área de aplicação refere-se à construção de uma base de casos clínicos, com os quais médicos, profissionais e estudantes poderão consultar detalhes da experiência multimídia armazenada. Nesse caso é necessário indexar toda informação gerada para que seja possível recuperá-la posteriormente, mantendo-se a fidelidade com a experiência realizada. A terceira;
- (iii) (iii) é um cenário de aplicação que não necessariamente envolve Telemedicina, mas que seja necessário gravar algum conteúdo extra

utilizado em uma transmissão ao vivo, para que seja posteriormente recuperado.

4.2 VISÃO GERAL

Para facilitar o entendimento de como será o funcionamento da estratégia proposta, ao fim da implementação e incorporação à ferramenta Arthron, é apresentado um diagrama de casos de uso na Figura 19.

Figura 19. Diagrama de casos de uso da estratégia proposta.



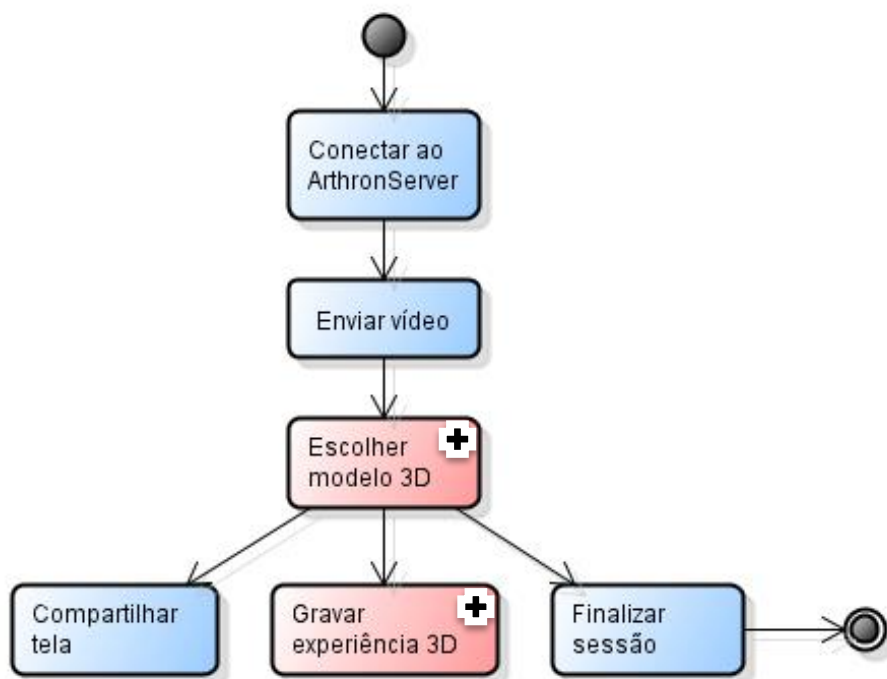
O usuário deverá ser capaz de recuperar a experiência 3D que foi transmitida em tempo real, num momento anterior, e visualizar a posteriori todos os fluxos multimídia que compuseram essa experiência. A representação da Figura 19 foi parcialmente implementada. Atualmente o software para visualizar e gravar a experiência 3D está em funcionamento, porém a parte da recuperação da experiência 3D ainda é um protótipo.

A estratégia consiste principalmente no acoplamento dessa nova funcionalidade ao módulo 3D da Arthron: a opção de o médico, professor ou aluno (envolvido na transmissão), que manipula cada Codificador em uma transmissão, poder escolher se deseja gravar, além do áudio e vídeo, também as interações com o modelo tridimensional que desejar manipular.

No contexto da Arthron, ao iniciar um Codificador e conectá-lo ao ArthronServer, o usuário que opera esse componente pode, paralelamente ao envio de um fluxo de vídeo, selecionar a opção de manipular diretamente um modelo tridimensional que representa uma parte anatomia humana e em seguida disponibilizar esse cenário para todos os outros participantes da sessão ao vivo através do compartilhamento de tela. Além disso, como funcionalidade proposta, implementada e apresentada neste trabalho, em forma de software, haverá uma opção para gravar o fluxo de manipulação do objeto 3D, que deve ser opcional

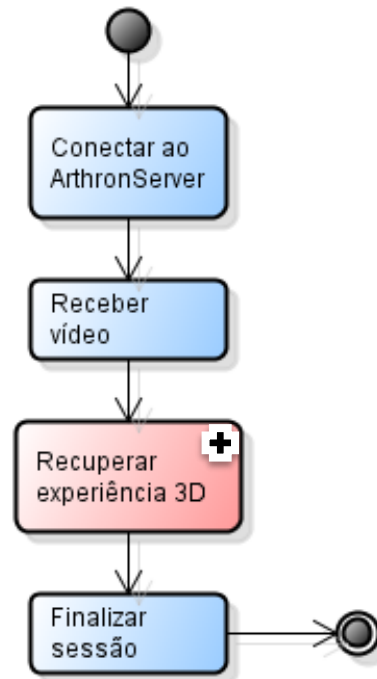
para quem deseja manipular um objeto 3D. Na Figura 20 é apresentado o diagrama de atividades da Arthron, do ponto de vista do usuário no Codificador (componente que envia os fluxos). As atividades destacadas na cor azul (sem o símbolo “+”) representam funcionalidades já existentes na ferramenta Arthron, e as atividades destacadas em vermelho (com o símbolo “+”) envolvem novas funcionalidades da estratégia proposta.

Figura 20. Diagrama de atividades - visão do Codificador.



Com o a opção de gravação da experiência tridimensional, a manipulação direta de objetos 3D que representam estruturas anatômicas do corpo humano e que for feita localmente pelo profissional da Saúde poderá ficar armazenada para ser recuperada por outro aluno ou professor que desejar assistir aquele procedimento cirúrgico no futuro, junto com todas as mídias que compuseram a sessão transmitida. O diagrama de atividades, do ponto de vista do usuário no Decodificador (componente que recebe os fluxos), está representado na Figura 21.

Figura 21. Diagrama de atividades - visão do Decodificador.



Ao se conectar ao ArthronServer, o usuário no Decodificador poderá se conectar a uma sessão previamente gravada, e optar por recuperar, além do vídeo, também a experiência 3D. Assim não serão perdidas eventuais explicações ou esclarecimentos que forem feitos pelo médico ao utilizar um modelo 3D de um órgão humano para tirar dúvidas que surjam durante a transmissão em tempo real. Dessa maneira, os alunos que forem assistir à experiência multimídia no futuro poderão visualizá-la de forma completa, com todos os fluxos de áudio, vídeo, objetos 3D e outras mídias utilizadas na transmissão original.

4.3 DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO

Seguindo o padrão de linguagem de programação utilizado para o desenvolvimento dos componentes da Arthron, a proposta de acrescentar novas funcionalidade ao módulo de conteúdo 3D foi desenvolvida utilizando a linguagem Java num computador com sistema operacional Linux – Ubuntu versão 11.04 e Integrated Development Environment (IDE) NetBeans. Porém, não foi realizada a implementação completa da estratégia proposta. Foi codificada e testada a escolha, visualização e gravação do modelo 3D. A recuperação da experiência não foi implementada neste momento.

Além da opção de gravar a experiência 3D, é possível flexibilizar os modelos que podem ser apresentados, ou seja, tornar a escolha de um dos doze modelos disponíveis no módulo 3D algo não obrigatório. Dessa maneira, o usuário poderá optar por gravar uma

experiência personalizada, com um modelo 3D que esteja abrigado em um *website* específico, por exemplo. Isso se estende a vários outros cenários de aplicação, onde diversos tipos de dados podem ser selecionados para gravação e posterior reprodução, não necessariamente envolvendo Telemedicina.

Para armazenar a experiência 3D, a princípio a ideia foi enviar cada movimento realizado pelo emissor (Codificador) e recriar a cena no lado do receptor (Decodificador), reproduzindo todas as transformações geométricas que foram realizadas em um determinado modelo tridimensional. Porém, para evitar uma sobrecarga no ArthronServer (que é responsável também pela comunicação entre os módulos 3D do Codificador e dos Decodificadores) foi decidido, pela equipe de projeto do GTAVCS, realizar a transmissão das manipulações tridimensionais através da utilização de um outro módulo da Arthron, que já existia: o Compartilhador de Tela. Essa decisão influenciou a maneira como a experiência 3D deverá ser recuperada, de acordo com esta proposta. Como a experiência 3D é transmitida, ao vivo, por meio de um fluxo de vídeo e de uma área compartilhada da tela, a idéia ao gravar a experiência 3D é justamente gravar esse fluxo de vídeo para uma eventual recuperação posterior.

Portanto, foi adicionado ao módulo 3D uma opção para que o usuário escolha se deseja gravar a experiência tridimensional. Por padrão, a área a ser gravada localiza-se no canto superior esquerdo da tela, e o *frame* a ser gravado é do tamanho da janela que é aberta com o modelo 3D. Isso foi definido para não comprometer a visualização do fluxo de vídeo que é exibido simultaneamente à janela do modelo 3D. Caso queira redimensionar a área, o usuário pode diminuir o tamanho da janela e o zoom do modelo. A implementação teve como base um código para gravação de tela usando Java, o EasyCapture (2014), com adaptações.

A recuperação da experiência tridimensional deve ocorrer de maneira análoga à da recuperação da experiência multimídia, já que a compõe e também é tratada como um fluxo de vídeo. Para isso, quando da gravação da experiência 3D, o módulo responsável deverá se comunicar com o Módulo Gravador através de seus serviços, descritos em Braga Junior (2013), que já prevê o campo de mídia 3D em seus documentos com metadados no formato *xml*, conforme Figura 22.

Figura 22. Arquivo de Experiência Multimídia do Módulo Gravador.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<log>
  <head>
    <info name="Experiencia do Decoder1" user="18" session="31"
    date="24/04/2012 16:07:15" />
  </head>
  <body>
    <medias>
      <media mediaName="midia1" local="local da midia1" />
      <media mediaName="midia2" local="local da midia2" />
      <media mediaName="midia3" local="local da midia3" />
    </medias>
    <operations>
      <operation type="ADD" ip="150.165.132.36" port="6000" mediaName="midia1"
      time="24/04/2012 16:07:15" isHighDefinition="true" />
      <operation type="REMOVE" ip="150.165.132.36" port="6000" mediaName="midia1"
      time="24/04/2012 16:07:33" isHighDefinition="true" />
      <operation type="ADD" ip="150.165.132.36" port="6000" mediaName="midia2"
      time="24/04/2012 16:07:33" isHighDefinition="true" />
      <operation type="REMOVE" ip="150.165.132.36" port="6000" mediaName="midia2"
      time="24/04/2012 16:07:48" isHighDefinition="true" />
      <operation type="ADD" ip="150.165.132.36" port="6000" mediaName="midia3"
      time="24/04/2012 16:07:48" isHighDefinition="true" />
    </operations>
  </body>
</log>
```

Assim, uma mídia do tipo 3D poderá ser registrada no arquivo de experiência multimídia para ser recuperada pelo módulo responsável. Como foi dito, a implementação da recuperação da experiência 3D ainda não foi realizada em código, mas sua estratégia de implementação está encaminhada.

4.4 INTERFACE DE USUÁRIO

O módulo 3D incorporado à ferramenta Arthron permite que o usuário escolha um modelo tridimensional a ser exibido e manipulado por ele, localmente, utilizando as tecnologias JOGL e OBJLoader. A tela de escolha dos modelos pode ser vista na Figura 23.

Figura 23. Tela de escolha dos modelos 3D na Arthron.



O principal objetivo da estratégia proposta neste trabalho não é entrar nos detalhes de implementação da ferramenta Arthron ou do seu Módulo 3D, mas sim definir uma maneira de armazenar que possibilite posteriormente a reprodução da experiência multimídia com os objetos 3D utilizados na transmissão ao vivo, sendo mantidas as sincronias temporais e relacionadas com os arquivos e áudio e vídeo associados, devido à relevância que essa posterior reprodução pode representar.

Como pode ser visto na Figura 23, foi criada uma opção para que o usuário escolha se deseja gravar a experiência 3D. Caso essa opção seja marcada, será gerado um fluxo de vídeo que armazenará as interações de usuário que criaram a experiência individualizada.

4.5 RESULTADOS OBTIDOS

Além da estratégia e dos componentes integrados à arquitetura da Arthron apresentados nas subseções anteriores, experimentos com usuários foram realizados para verificar as funcionalidades oferecidas pelo protótipo construído como prova de conceito. Além de questionar a utilidade das funcionalidades desenvolvidas, o protótipo ajudou no melhor entendimento do serviço proposto e como ele pode ser aplicado ao cotidiano dos público-alvo: estudantes e profissionais da área da Saúde.

O primeiro experimento envolvendo nove usuários utilizou um questionário de aceitabilidade do protótipo com modelos 3D, cujo objetivo foi analisar a utilização dessa nova funcionalidade integrada a uma ferramenta de Telemedicina. Este questionário foi aplicado aos visitantes do estande do GTAVCS no Workshop da Rede Nacional de Pesquisa (WRNP) realizado em 2012, os quais o perfil era de profissionais da área da Saúde. Na ocasião foram lançadas novas funcionalidades da Arthron e uma delas foi a incorporação de modelos tridimensionais. Para verificar e avaliar a estratégia utilizada para exibição, manipulação e transmissão de objetos 3D e seus movimentos, três questões específicas abordaram a satisfação dos usuários em relação à maneira como esse aspecto tridimensional foi abordado e incorporado à ferramenta. São elas:

- I: “Você concorda que os movimentos aplicados no modelo 3D foram úteis para esclarecer questões abordadas no procedimento cirúrgico?”
- II: “Você concorda que a representação de estruturas anatômicas do corpo humano por modelos 3D interativos facilita o ensino à distância?”
- III: “Você concorda que os modelos 3D apresentados (ex.: coração, estômago e esqueleto humano) são fiéis às estruturas do corpo humano?”

As opções de respostas disponíveis estavam na seguinte escala:

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não sei
- Não concordo

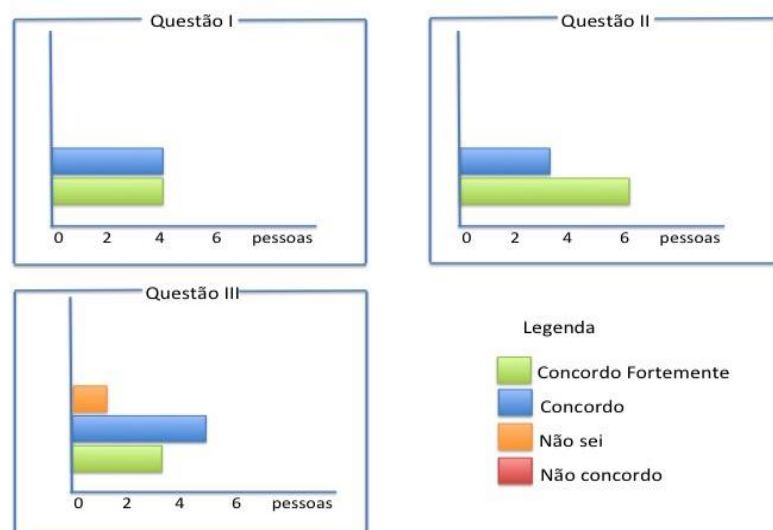
A escala de respostas seguiu o padrão do questionário que foi aplicado, que continha outras perguntas com o objetivo de verificar e avaliar a Arthron por completo, mas os itens que não envolviam a estratégia 3D não serão tratados neste trabalho. Na época da coleta das respostas, a Arthron possuía o módulo de visualização de modelos 3D, não ainda o de gravação da experiência multimídia.

Um ponto colocado em questão foi sobre a qualidade e a utilidade das interações do usuário com o modelo tridimensional, ou seja, a importância da movimentação dos modelos 3D e seu nível de aceitação para os usuários em relação ao procedimento cirúrgico a ser transmitido. Foram obtidas oito respostas para a questão I: “Você concorda que os movimentos aplicados no modelo 3D foram úteis para esclarecer questões abordadas no procedimento cirúrgico?”, vistas graficamente na Figura 24. Os usuários entrevistados dividem-se entre a opção “Concordo”, com quatro respostas, e “Concordo Fortemente”, também com quatro respostas. Isso indica uma opinião positiva quanto à utilidade dos movimentos aplicados nas estruturas durante os procedimentos cirúrgicos. Especificamente para esta pergunta, apenas oito pessoas forneceram uma resposta, pois a nona pessoa não opinou.

Também foi feita uma pergunta em relação ao ensino a distância, na questão II: “Você concorda que a representação de estruturas anatômicas do corpo humano por modelos 3D interativos facilita o ensino à distância?”. As respostas revelam que seis entrevistados concordam fortemente que a representação das estruturas anatômicas do corpo humano por modelos tridimensionais interativos facilita o ensino a distância, e os outros três concordam. A representação gráfica das respostas pode ser vista na Figura 24.

Por fim, a questão III: “Você concorda que os modelos 3D apresentados (ex.: coração, estômago e esqueleto humano) são fiéis às estruturas do corpo humano?” abordou sobre a estrutura dos modelos 3D interativos e sua representatividade face à estrutura dos órgãos reais do corpo humano, vistos nos vídeos das cirurgias. Três pessoas concordaram fortemente, cinco concordaram e uma respondeu nulo para a pergunta. Isso indica que apesar de a estratégia ter permitido a incorporação de alguns modelos 3D anatômicos, as estruturas que os compõem podem ser ainda mais aperfeiçoadas para torná-los mais fiéis à realidade. Porém, como foco inicial do trabalho não foi a modelagem, e sim a viabilização do uso de modelos anatômicos tridimensionais em Telemedicina, esse aspecto foi proposto como trabalho futuro, e nesta proposta isso está sendo explorado para permitir a importação de modelos 3D próprios, em formatos definidos, ou até em outros meios, como *websites*. A Figura 24 mostra graficamente as estatísticas das respostas relacionadas ao 3D realizadas no questionário.

Figura 24. Estatísticas do questionário aplicado.



Além dessa demonstração de uso durante o WRNP, a experiência foi repetida em um contexto hospitalar, onde os modelos 3D foram utilizados em algumas transmissões no HULW para facilitar a comunicação e apoiar o ensino a distância. Três cirurgias realizadas no HULW no decorrer do ano de 2013 foram capturadas e transmitidas em tempo real e utilizaram os modelos 3D como objetos de apoio. Nessas oportunidades foram feitas entrevistas com os médicos que participaram das transmissões. Os médicos destacaram que o uso desses objetos 3D é valioso, pois em alguns momentos não é possível rotacionar o órgão real do paciente para discutir questões relacionadas ao procedimento; nesses casos, a movimentação do modelo 3D que representa o órgão é bastante importante porque facilita a comunicação entre a equipe médica, já que permite a visualização do órgão a partir de diferentes perspectivas.

Médicos do HULW destacaram que a utilização desses modelos pode trazer grandes benefícios para profissionais da área da Saúde, pois podem ser usados como facilitadores na comunicação por permitirem a troca de informações de forma colaborativa e interativa. O chefe do setor de divisão de cirurgia do HULW, Dr. Geraldo Almeida, assegurou a importância do recurso de uso de modelos anatômicos em 3D para enriquecer transmissões audiovisuais, facilitar o diagnóstico a distância e apoiar o ensino da Medicina.

Ele usou o exemplo de uma situação em que o cirurgião já esteja realizando a cirurgia e se depare com alguma situação que requeira o esclarecimento de alguma questão com um profissional mais experiente. Normalmente o cirurgião teria de sair da área cirúrgica e ir ao encontro de outro profissional para sanar sua dúvida, para em seguida voltar à sala de cirurgia. Esse processo demanda algum tempo, já que exige que o médico coloque as vestimentas

adequadas para transitar fora da área cirúrgica, encontre o profissional e em seguida recolha as vestimentas adequadas para se dirigir à sala de cirurgia. Segundo Geraldo, esse tempo poderia ser otimizado através da utilização de um sistema de transmissão de fluxos audiovisuais, como a Arthron, com o apoio adicional de uma funcionalidade para exibição de conteúdo médico 3D. Para garantir essa transmissão também a posteriori, a estratégia proposta neste trabalho se propõe a realizar a gravação e permitir a recuperação da experiência 3D.

Além das entrevistas com os médicos, outro questionário foi feito com os estudantes que participaram das transmissões supracitadas. Esse questionário foi feito no contexto do trabalho de Braga Júnior (2013) que propôs uma estratégia para permitir a gravação e a recuperação da experiência multimídia, da qual a experiência 3D faz parte, no contexto de Telemedicina o que nos permite explorar algumas considerações obtidas neste questionário que fez uma verificação envolvendo dois aspectos: um comparativo, entre a perspectiva do usuário com a exibição da experiência gravada e a mostrada em tempo real, e um aspecto de impacto no comportamento do usuário, que avaliou como o uso do serviço afetou a vida dos usuários. É importante ressaltar que os testes foram realizados pela comunidade médica, já que são eles os usuários finais do serviço.

Algumas hipóteses foram definidas, e ao fim dos testes elas puderam ser analisadas de acordo com os resultados. A primeira hipótese definida foi: “O uso de um serviço de gravação e recuperação de materiais multimídia de cirurgias tem o potencial de facilitar o aprendizado dos alunos”. De acordo com os resultados dos questionários e entrevistas, essa hipótese foi considerada possivelmente verdadeira, pois os espectadores descreveram que tanto a exibição gravada quanto a exibição em tempo real poderiam ser utilizados no processo de ensino-aprendizagem. Outra prova de que essa hipótese pode ser verdadeira está no fato de que os espectadores da exibição gravada puderam identificar e detalhar várias etapas do procedimento cirúrgico. Além disso, ambas as exibições geraram várias discussões entre os espectadores sobre assuntos relacionados ao procedimento cirúrgico.

A segunda hipótese definida foi: “O uso de um serviço de gravação e recuperação de materiais multimídia de cirurgias tem o potencial de facilitar o processo de estudo e preparação para uma cirurgia”. Essa hipótese também foi considerada verdadeira de acordo com os questionários e entrevistas aplicados. Os espectadores que participaram das duas etapas (em tempo real e gravado), quando incentivados, deram notas de concordância às frases: “O acesso a mídias gravadas de uma cirurgia permite a identificação de erros que

podem ter ocorrido durante o procedimento” e, principalmente, “O acesso a mídias gravadas de uma cirurgia permite a análise e melhoria das técnicas utilizadas no procedimento”. O que indica que o serviço pode ser utilizado para recuperar materiais em um contexto de preparação e estudo sobre um determinado procedimento cirúrgico.

A terceira hipótese definida foi: “A cirurgia transmitida em tempo real passou uma percepção muito semelhante à cirurgia reexibida através da ferramenta de gravação e recuperação”. Essa hipótese parece ser verdadeira ao comparar a percepção das cirurgias exibidas em tempo real e gravada.

Os espectadores que estavam presentes nas duas exposições consideraram que a exposição gravada foi muito fiel à exposição em tempo real e relataram que a percepção ao assistir as duas apresentações são bem semelhantes.

Esses aspectos indicam que a última hipótese definida na fase de elaboração pode ser verdadeira: “Os espectadores foram capazes de compreender o procedimento cirúrgico através da reexibição pela ferramenta de gravação e recuperação”.

Dessa forma, através dos questionários e das entrevistas realizadas, foi visto como positivo o aspecto aceitabilidade da proposta de inserir uma cena tridimensional à experiência multimídia em telemedicina. Tanto usuários leigos quanto usuários que representam o público-alvo entenderam como positiva esta estratégia. Além disso, usuários especializados vislumbraram novas aplicabilidades para a nossa proposta dentro do escopo de transmissões de telemedicina. Destacamos também a boa receptividade dos estudantes que avaliaram como bastante útil a possibilidade de recuperar essas informações o que corrobora com o aspecto de transformar esse conteúdo em objetos de aprendizagem.

CAPÍTULO

5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta seção é destinada à discussão das limitações e riscos, contribuições e trabalhos futuros.

5.1 LIMITAÇÕES E RISCOS

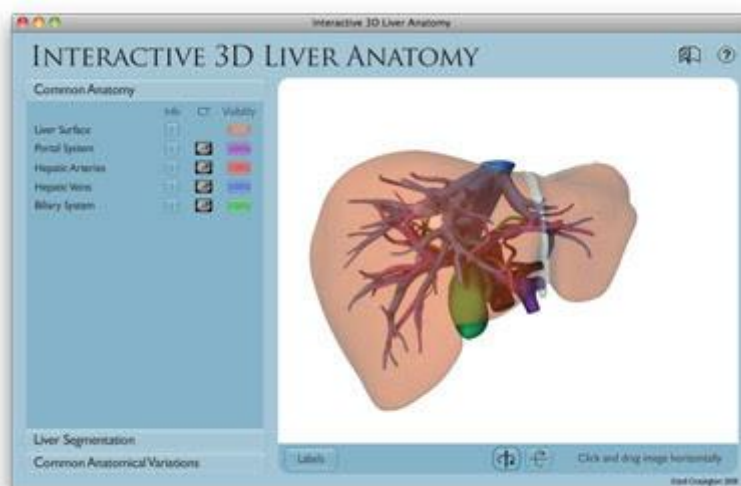
Durante a vigência do projeto GTAVCS foram realizadas diversas transmissões de cirurgias no HULW com o apoio da equipe médica, especialmente do Chefe da Divisão de Cirurgias, Dr. Geraldo Almeida. Diante dos cenários por ele vivenciados em cada transmissão, sentiu-se a necessidade de explorar os modelos tridimensionais com foco em um órgão específico, que era alvo da maioria das cirurgias realizadas e sua especialidade cirúrgica: o fígado humano.

Diante disso, o foco inicial desta pesquisa de Mestrado, juntamente com a orientadora Tatiana, foi incrementar a funcionalidade de exibição de modelos 3D no contexto da ferramenta Arthron. O objetivo inicial era aumentar a variedade de interações entre usuário e modelo, expandindo as interações atuais (rotação, translação e escalonamento), mas restringindo o escopo para a exploração específica apenas do fígado. A idéia inicial era fazer com que o modelo 3D detalhado de um fígado humano reagisse aos estímulos do mouse e do teclado, de maneira que pudesse apresentar suas estruturas externas e internas, e o usuário pudesse fazer marcações, anotações e cortes de determinadas regiões do órgão. Assim a aula seria mais interativa e seria mais viável esclarecer questionamentos ao mostrar não só a parte externa, mas também a parte interna do órgão e seus detalhes. É importante destacar que, mesmo restringindo o foco para um órgão específico, o fígado, isso representaria um ganho significativo na qualidade da transmissão, pois uma maior quantidade de elementos anatômicos poderia ser vista e explorada, e a maioria das cirurgias realizadas e transmitidas no HULW usando a Arthron envolviam o órgão em questão.

Para tanto, foi necessário realizar uma vasta busca por modelos tridimensionais detalhados do fígado humano, com estruturas internas e externas, em diversos *websites*, catálogos na *internet* e livros. Além da dificuldade em encontrar modelos gratuitos e de boa qualidade, nem mesmo os modelos pagos atenderam às necessidades de Dr. Geraldo. Ele alegou que os objetos 3D que foram encontrados na *web* não possuíam detalhes suficientes ou não apresentavam estruturas internas de maneira fiel à realidade, e dessa forma não seria interessante realizar uma aula explicativa e expositiva para os alunos, pois eles não teriam como comparar as estruturas vistas no modelo 3D com as do órgão real do paciente.

Um modelo que foi por ele considerado satisfatório está apresentado na Figura 25. Porém, não se trata de um modelo 3D com descrições textuais, de faces e arestas, disponíveis abertamente. O modelo abaixo é apresentado como uma ferramenta interativa *online* num *website* da Universidade de Toronto (Virtual Liver, 2014). Foi tentado um contato virtual com os responsáveis pelo modelo, questionando a possibilidade da sua distribuição para fins acadêmicos e não comerciais. Porém, a resposta obtida foi que eles não podem distribuir o modelo em formatos para importação, como 3DS e OBJ, para outras instituições. Sendo assim, apenas é permitida a visualização e a manipulação do modelo no próprio *website*.

Figura 25. Virtual Liver, modelo do fígado considerado de boa qualidade por Dr. Geraldo.



Diante desse impasse, foi decidido contratar um *designer* gráfico para desenvolver o modelo conforme as especificações do Dr. Geraldo. O contato foi realizado, porém a negociação não foi concluída e não foi possível seguir por esse caminho devido à insatisfação do Dr. Geraldo com os modelos encontrados, já que ele seria o principal interessado na ferramenta e o objeto 3D deveria estar em conformidade com os fins aos quais se destinaria.

Devido aos riscos em potencial que vieram a se confirmar optou-se por explorar outro ramo no tema de pesquisa, que está explicado nesta proposta, pois a dependência de intermediários poderia comprometer o andamento do trabalho e ser uma das causas de seu insucesso.

Apesar de ter proposto no cronograma a implementação da gravação e recuperação da experiência 3D, devido a alguns fatores não foi possível desenvolver as duas funcionalidades. A ferramenta Arthron foi desenvolvida por uma equipe de projeto, a qual não está mais empenhada em sua manutenção, e alguns módulos não eram profundamente conhecidos por mim ao ponto de realizar alterações no código e realizar testes. Logo, diante disso e de alguns atrasos que ocorreram no cronograma devido a questões pessoais e mudança de cidade, apenas a parte da gravação da experiência 3D pôde ser desenvolvida. Ainda assim, a proposta de desenvolver a recuperação da experiência será sugerida em trabalhos futuros, e encontra-se bastante encaminhada pois irá ocorrer de maneira semelhante à recuperação dos fluxos de vídeo pelo Módulo Gravador.

Além disso, também estava prevista a realização de testes no ambiente real da sala de Telemedicina do HULW. Porém, pelos mesmos motivos explicados anteriormente, não foi possível realizá-los.

5.2 CONTRIBUIÇÕES

Com o desenvolvimento de uma estratégia para utilização de conteúdo 3D para experiência em Telemedicina espera-se que profissionais da saúde possam ter sua comunicação facilitada através de meios interativos, intuitivos e imersivos que permitem uma melhor discussão a respeito do tratamento das enfermidades dos pacientes. Com a estratégia proposta, uma maior quantidade de membros de equipes médicas poderá ter acesso a materiais gerados através de fluxos multimídia em tempo real, promovendo uma ampla capacitação independente de distâncias geográficas.

Tendo em vista a grande quantidade de sistemas que trabalham com dados multimídia, especialmente os sistemas de transmissão em tempo real, uma ferramenta de livre e fácil acesso como a proposta neste trabalho pode ser relevante e necessária. Um sistema multimídia pode utilizar a estratégia proposta para gravar algum conteúdo extra que posteriormente necessite ser reproduzido.

A estratégia proposta neste trabalho representa a exploração dos trabalhos futuros propostos em Oliveira (2012), que sugere a investigação de possíveis lacunas a serem

preenchidas com o intuito de melhorar o sistema e facilitar sua utilização pelos usuários, desde correção de erros até a incorporação de novas funcionalidades. Outro trabalho futuro proposto foi a realização de um estudo da viabilidade do que foi idealizado inicialmente para transmitir os modelos 3D e suas interações feitas no Codificador: fazer com que tudo que foi produzido na origem se repita no destino, de maneira que, na Arthron, o ArthronServer seja o responsável tanto por capturar a escolha do modelo e as operações de rotação e escalonamento com todos os seus dados associados, realizados no Codificador, quanto repassar esses dados ao Decodificador, que provavelmente conterà um ouvinte para criar e modificar a cena tridimensional. Porém, devido às questões inerentes à ferramenta Arthron, provavelmente a opção de desenvolvimento para esta proposta será a captura das interações no modelo 3D como um fluxo de vídeo, e não a transmissão dos comandos e o registro de suas sincronias em arquivos para posterior reconstrução da cena.

Com a estratégia implementada por completo, após a implementação da recuperação da experiência que está pendente, como foi dito na seção 4, espera-se que a ferramenta seja enriquecida e que os estudantes de Medicina possam fazer uso dela para incrementar sua qualificação profissional. Dessa maneira, poderão ter a transmissão da cirurgia reproduzida de forma completa, com acesso não somente ao vídeo e ao áudio, mas a um cenário idêntico ao que foi montado em tempo real, com uso de modelos tridimensionais interativos utilizados como apoio para as explicações do médico que ministrou a aula.

A contribuição científica desta proposta consiste em explorar o comportamento interdisciplinar de alguns conceitos, como Telemedicina e Ciência da Computação, que quando exploradas juntas podem representar uma melhoria na qualidade do ensino em Medicina devido às ferramentas desenvolvidas com foco específico para facilitar a vida de diversos profissionais da área da Saúde.

Como resultado do trabalho é esperado um sistema que dê à comunidade suporte ao processo de gravação e futuramente recuperação de dados que contemple diversos cenários em sistemas multimídia interativo. Esta ferramenta possibilitará o uso de novas funcionalidades, que resultarão em facilidade para outros sistemas. Por exemplo, com o frequente uso do sistema de gravação poderá ser formada uma grande base de mídias (áudio, vídeo e 3D) que poderá ser consultada pelo sistema proprietário (aquele que armazenou a mídia) ou por outros sistemas que desejem reutilizar a informação para outros fins.

5.2.1 Registro do Software

Originada no programa de Grupos de Trabalho da RNP, a ferramenta Arthron está em processo de registro de *software* pela RNP. O protótipo apresentado visou à implantação de um piloto testado pelas instituições parceiras e após o registro passará a compor o cenário nacional e mundial de *softwares* de apoio à Telemedicina.

5.2.2 Demonstrações e Práticas

Com a adição de novas funcionalidades, foi gerada uma nova versão da Arthron para realização de demonstrações do seu funcionamento, e também da sua utilização em situações práticas no HULW. Uma das demonstrações pode ser vista na Figura 26.

Figura 26. Demonstração das funcionalidades da Arthron no HULW.



Durante as demonstrações Dr. Geraldo Almeida relatou diversos benefícios da utilização da Arthron, e destacou: “-Uma exibição gravada é melhor para ser utilizada no contexto do ensino por retirar o aspecto da emoção e tensão que estão presentes durante o procedimento cirúrgico, além de permitir parar e voltar o conteúdo para debater sobre momentos da cirurgia.”.

Em situações práticas, envolvendo alunos e profissionais da área da Saúde, uma cirurgia realizada no próprio hospital é transmitida para a sala de Telemedicina em alta definição e com as várias mídias que estiverem disponíveis para captura, formando a experiência multimídia. Nessa sala, estudantes podem assistir o procedimento na companhia

de um médico que esclarece questões relacionadas à cirurgia e pode interagir com a equipe médica que está no centro cirúrgico.

Por questões alheias a este trabalho, em 2014 a Arthron passou a ser cada vez menos utilizada no HULW e, apesar de ela ter sido a ferramenta base deste estudo de caso, a estratégia que está sendo proposta também pode ser aplicada a quaisquer ferramentas que permitam a incorporação do software de gravação e recuperação de experiência 3D. Assim, é importante destacar a relevância da proposta, não apenas a sua contribuição para a Arthron e seus usuários, pois a gravação e a recuperação da experiência multimídia não estão restritas apenas a uma ferramenta e ou ambiente educacional em Saúde.

5.2.3 Publicações

Durante o período de pesquisa para fundamentação teórica e trabalhos correlatos foram desenvolvidos alguns trabalhos que foram aceitos para publicação:

- Estratégia para gravação de experiência multimídia (fluxos de áudio e vídeo) (trabalho completo) - Braga Júnior, W. C., Oliveira, S. S., Tavares, T. A. *Multimedia experience in telemedicine: a strategy for recovering live surgery transmissions on demand. Multimedia Services and Technologies for E-health - MUST-EH 2012, 2013, San Jose-CA.*
- Resultados de um mapeamento sistemático realizado para identificar as principais tecnologias de visualização 3D em Telemedicina (*short paper* aceito para publicação, mas não publicado) - Oliveira, S. S., Tavares, T. A. *Um panorama do uso das Tecnologias de Visualização 3D em Telemedicina. Conferência Ibero-Americana WWW/Internet. Porto Alegre, 2013.*
- Resultados de um mapeamento sistemático realizado para identificar as principais tecnologias de visualização 3D em Telemedicina (trabalho completo) - Oliveira, S. S., Tavares, T. A. *Um panorama do uso das Tecnologias de Visualização 3D em Telemedicina. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2013, Jataí-GO.*
- *The use of 3D Content to Enrich User Experience in Telemedicine Systems based on Multimedia – Encyclopedia Chapter. Encyclopedia of E-Health and Telemedicine.*

Destaca-se este último devido à sua grande relevância no âmbito internacional que envolve a área de Telemedicina. Os trabalhos aceitos serão publicados como capítulos de

uma enciclopédia, e seus conteúdos incluem aspectos relacionados à área da Saúde, novas tecnologias e aplicações em Telemedicina e e-Health.

A enciclopédia deverá se tornar uma ferramenta para que pesquisadores, estudantes, profissionais da área médica e de TI possam consultar pesquisas realizadas, conceitos, aplicações e discussões com base em estudos de caso em Saúde, e as informações nela contidas devem estar de acordo com a política de confidencialidade e privacidade dos seres humanos. Com a aceitação desse capítulo para publicação como um resultado deste trabalho, entende-se que o assunto proposto nesta dissertação possui uma grande importância no âmbito da Telemedicina.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Alguns aspectos descritos na seção 5.1 LIMITAÇÕES E RISCOS poderão ser explorados no desenvolvimento de trabalhos futuros. Inicialmente pode ser realizada a comunicação entre o Módulo 3D e o Módulo Gravador por meio do Webservice que este último oferece, para informá-lo qual mídia 3D deve ser adicionada ao arquivo da experiência multimídia e a partir de que momento da experiência ela passou a compô-la.

Além disso, outra área a ser explorada é a recuperação da experiência multimídia envolvendo também a experiência 3D. O Módulo Gravador realiza a recuperação dos fluxos de áudio e vídeo de acordo com o arquivo referente à experiência, mas não foi possível realizar os devidos testes. Porém, espera-se que ao interpretar o arquivo o orquestrador da experiência seja capaz de interpretar a mídia 3D e suas informações adicionais, como data e hora de início e fim, e reproduza o fluxo de vídeo correspondente a ela.

Provavelmente será importante realizar os ajustes descritos para gerar uma nova versão da ferramenta com as novas funcionalidades. Portanto, poderá ser também realizado um novo teste de usabilidade envolvendo o sistema como um todo, envolvendo os novos aspectos.

De acordo com o que foi apresentado e com a efetivação da comunicação entre o Módulo 3D e o Módulo Gravador, uma experiência tridimensional poderá ser considerada um Objeto de Aprendizagem. Dessa maneira, o arquivo visto na Figura 22 irá conter os metadados descritivos do Objeto de Aprendizagem referente a uma Experiência Tridimensional, e cada OA abrigando conteúdo didático digital poderá ser indexado, permitindo busca e recuperação futura por outros *softwares* que se comuniquem com o Módulo Gravador através de seus serviços *web*. Assim, a gravação e a recuperação de

experiências multimídia poderão ser utilizadas como instrumentos de ensino e aprendizagem para que alunos possam acompanhar a realização de procedimentos cirúrgicos à distância, e assim terem acesso vídeos de cirurgias para obterem um maior conhecimento teórico antes de partirem para a prática.

REFERÊNCIAS

Abensur, S. I., Tamosauskas, M. R. G. **Tecnologia da Informação e Comunicação na Formação Docente em Saúde: Relato de Experiência**. Revista Brasileira de Educação Médica. 35 (1) : 102-107; 2011.

Assis, W. S., Bittencourt, T. N., Noronha, M. A. M. **Desenvolvimento de Recursos Multimídia para o Ensino de Engenharia de Estruturas**. 2002. Disponível em: <http://www.lmc.ep.usp.br/pesquisas/TecEdu/artigos/artigo_lbracon.pdf>. Acessado em: 11 de novembro de 2013.

Audino, D. F., Nascimento, R. S. **Objetos de Aprendizagem - Diálogos entre Conceitos e uma Nova Proposição Aplicada à Educação**. Revista Contemporânea de Educação. Vol. 5, n. 10. Julho, 2010.

Azevedo, E., Conci, A. **Computação Gráfica – Geração de imagens**. Editora Campus Elsevier, 8ª edição, 2003.

Bailey, M., Glassner, A., Lathrop, O. **Introduction to Computer Graphics**. Curso, SIGGRAPH, 1999. Disponível em: <http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/cg/Web/intro_graphics.pdf>. Acessado em: 5 de novembro de 2013.

Bashshur, L. **Telemedicine and health care**. Telemedicine Journal and e-Health, 2002.

Bibeau, R. **Taxonomie des contenus numérisés et des projets éducatifs avec les TIC**. Direction des ressources didactiques Ministère de l'Éducation du Québec Juin 2003.

Blender. Disponível em: <<http://www.blender.org/>>. Acessado em: 6 de fevereiro de 2014.

Braga, C. B. **DidaTIC: Um Ambiente de Produção de Conteúdo Didático Digital para Educação à Distância**. Dissertação. UECE, 2008.

Braga Júnior, W. C., Oliveira, S. S., Tavares, T. A. **Multimedia Experience in Telemedicine: A Strategy for recovering live surgery transmissions on demand**. Multimedia services and technologies for e-health – MUST-EH. 2013. San Jose-CA.

Braga Júnior, W. C. **Estratégia para Armazenamento e Recuperação de Experiência Multimídia em Telemedicina: um estudo de caso no Projeto Ambiente de Vídeo Colaboração em Saúde (GTAVCS)** Dissertação. UFPB, 2013.

Campos, F. C., Haddad, A. E., Wen, C. L., Alkmin, M. B. M. **The National Telehealth Program in Brazil: an instrument of support for primary health care**, Latin American Journal of Telehealth, 2009.

Coscarelli, C. V. **O uso da informática como instrumento de ensino-aprendizagem**, Presença Pedagógica. Belo Horizonte, p.36-45, 1998.

Cucina, R., Papadakis, M. A., McPhee, S. J., Rabow, M. W. **Chapter e4. Information Technology in Patient Care**. Current Medical Diagnosis & Treatment, New York, 2012. Disponível em: <<http://www.accessmedicine.com/content.aspx?aID=779189>>. Acessado em: 3 de fevereiro de 2014.

Cyclops. Disponível em: <<http://cyclops.telemedicina.ufsc.br/>>. Acessado em: 3 de fevereiro de 2014.

Davison, A. **Pro Java 6 3D Game Development - Java 3D, JOGL, JInput and JOGL APIs**. Editora Apress, Estados Unidos, 2007. Disponível em: <<http://fivedots.coe.psu.ac.th/~ad/jg2/code/index.html>>. Acessado em: 6 de fevereiro de 2014.

EasyCapture. Disponível em: <http://java.dzone.com/tips/screen-record-play-using-java>. Acessado em 1 de setembro de 2014.

Fabre, M. C. J. M., Tarouco, L. M. R., Tamusiunas, F. R. **Resusabilidade de objetos educacionais**. Revista Eletrônica de Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre, 2003.

Filatro, A. **Design Instrucional Contextualizado**. São Paulo: Senac, 2004.

Foley, J. D., Dam, A. V., Feiner, S. K., Huges, J. F. **Computer Graphics: Principles and Practice**. Boston, Editora Addison Wesley, 1997.

Friedl, R., Preisack, M. B., Klas, W., Rose, T., Stracke, S., Quast, K. J., Hannekum, A., Gödje, O. **Virtual Reality and 3D Visualizations in Heart Surgery Education**, The Heart Surgery Forum, 2002.

Godoi, K. A., Padovani, S. **Avaliação de material didático digital centrada no usuário: uma investigação de instrumentos passíveis de utilização por professores.** Produção, v. 19, n. 3, p. 445-457, 2009.

Gregoire, R., Bracewell, R., Lafarriere, T. **The Contribution of New Technologies to Learning and Technology in Elementary and Secondary School.** Disponível em: <<http://www.tact.fse.ulaval.ca/fr/html/apport/impact96.html>>. Acessado em: 6 de fevereiro de 2014.

GTAVCS. Disponível em: <<http://gtavcs.lavid.ufpb.br/>>. Acessado em: 2 de março de 2014.

Hansen, C., Wieferich, J., Ritter, F., Rieder, C. e Peitgen, H-O. **Illustrative visualization of 3D planning models for augmented reality in liver surgery.** International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Volume 5, Number 2, 133-141, 2012.

Hiertz, J. G. L. **A Popularização da Computação Gráfica e os Atores. Digitais,** 2003. Disponível em: <<http://www.ufscar.br/~cinemais/artcomputacao>>. Acessado em: 3 de dezembro de 2013.

Instituto de Medicina da Academia Nacional de Ciências. Disponível em: <<http://www.iom.edu/>>. Acessado em: 15 de dezembro de 2013.

Interact Medical. **The Benefits of 3D Animation.** Disponível em: <<http://www.interactmedical.com/the-benefits-of-3d-animation.html>>. Acessado em: 15 de novembro de 2014.

Jensen, J. F. **Interactivity: Tracing a new concept in media and communication studies.** Vol. 19. Nordicom Review. 1998. pp. 185–204.

JogAmp - Java Binding for the OpenGL API. Disponível em: <<http://jogamp.org/jogl/www/>>. Acessado em: 5 de novembro de 2013.

Johnson, M. J., Spence, M. C., Raytheon, L. C. **Using the NREN Testbed to Prototype a High-Performance Multicast Application.** Supercomputing '99 Proceedings of the 1999 ACM/IEEE conference on Supercomputing, 1999.

Krupinski, E., Nypaver, N., Poropatich, R., Ellis, D. R. S., Sapci, H. **Clinical applications in telemedicina/telehealth.** Telemedicine Journal and e-Health, 2002.

LABTEVE. Disponível em: <<http://www.de.ufpb.br/~labteve/>>. Acessado em: 5 de dezembro de 2013.

Leite, K. A. A. **Avaliação de Usabilidade nos Sistemas Computacionais dos Serviços de Telemedicina do BHTELESSAÚDE**. Dissertação, PUC Minas, 2007.

Lima, C. M. A. O., Monteiro A. M. V., Ribeiro, E. B., Portugal, S. M., Silva, L. S. X., Junior M. J. **Videoconferências. Sistematização e experiências em telemedicina**. Radiol Bras, 2007.

Majoe, D., Kulka, I., Schacher, J. **Towards an Interactive Multimedia Experience for Club Music and Dance**. MoMM '09 Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia. Pg. 95-104. Nova York – NY. 2009.

Martins, J. G. et al.. **A transformação do ensino através do uso da tecnologia da educação**. XIX Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação, Rio de Janeiro, PUC. Anais, 1999.

Microsoft - Kinect para XBOX. Disponível em: <<http://www.xbox.com/pt-br/kinect/>>. Acessado em: 10 de dezembro de 2013.

Miranda, C. E. A. **Pesquisa em educação e imagens, novas tecnologias e a busca pela interlocução**. Com Ciência, 2009. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=48&id=598>>. Acessado em: 2 de março de 2014.

Moreira, B. G., de Azevedo, F. M., Garcia, F. L. S. **Ambiente Virtual de Ensino 3D para Apoio ao Ensino da Engenharia Biomédica**. XI Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2008.

Nugent, G. et al. **Empirical Usage Metadata in Learning Objects**. 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. University of Nebraska-Lincoln. Outubro, 2009.

Nunes, F. L. S., Costa, R. M. E. M., Machado, L. S., Moraes, R. M.. **Realidade Virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades**. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica Volume 27, Número 4, p. 243-258, 2011.

Oliveira, S. S., Tavares, T. A. **Utilização de conteúdo tridimensional em sistemas de Telemedicina: Um estudo de caso baseado na ferramenta Arthron**. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, 2012, Paranaíba.

Oliveira, S. S. **Utilização de conteúdo 3D para experiência em Telemedicina**. Monografia. UFPB, 2012.

OpenGL. Disponível em: <<http://www.opengl.org/about/>>. Acessado em: 2 de novembro de 2013.

Projeto Homem Virtual. Disponível em: <<http://www.projeto homem virtual.org.br/>> Acessado em: 10 de novembro de 2013.

Ramos, A. F., Santos, P. K. **A contribuição do Design Instrucional e das Dimensões da Educação para o desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem**. XII Workshop de Informática na Escola, 2006.

Santos, F. C., Duzzioni, M. Siqueira, R. M., Giassi-Junior, P. Schwarz, L. Oliveira, C. L., Marino Neto, J. **Uso de RV no Suporte a Exercícios de Laboratórios Auto Dirigidos e Interativos em Fisiologia**. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde. Florianópolis, 2006.

Scandolieri, B. R., Siscoutto R. A. **Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Aumentada Utilizando Programação Visual**. Colloquium Exactarum, Vol. 6, No 2, 2014.

Schlag, P. M., Moesta, K. T., Rakovsky, S., Grasczew, G. **Telemedicine: the new must for surgery**. Arch Surg. 134(11):1216-21. Review, 1999.

Squires, D., Preece, J. **Usability and learning: evaluating the potential of educational software**. **Computer and Education**, v. 27, n. 1, p. 15-22, 1996.

Tavares, T. A., Motta, G. H. M. B., Souza Filho, G. L., Melo, E. A. G. **Experiences with Arthron for Live Surgery Transmission in Brazilian Telemedicine University Network**. 15th International Conference on Human-Computer Interaction, Las Vegas, 2013.

Tavares, T. A., Anjos, E., Medeiros, A., Castro, R. **The use of natural interaction to enrich the user experience in telemedicine systems**. In: 15th International Conference on Human-Computer Interaction, Las Vegas, 2013.

Tarouco, L. M. R. et al.. **Projeto CESTA – Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem**. S.ed: Porto Alegre, 2003.

Tarouco, L. M. R., Fabre, M. C. J. M., Grando, A. R. S.; Konrath, M. L. P. **Objetos de Aprendizagem para M-Learning**. Florianópolis: SUCESU - Congresso Nacional de Tecnologia da Informação e Comunicação, 2004.

Tori, R. Nunes, F. L. S., Gomes, V. H. P., Tokunaga, D. M. **VIDA: Atlas Anatômico 3D Interativo para Treinamento a Distância**. Workshop de Informática na Escola (WIE) 2009.

Travassos, G. H. **Introdução à Engenharia de Software Experimental**. Relatório Técnico RT-ES-590/02 do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

Vagvolgyi, B. Su, Li-Ming, Taylor, R. e Hager, G. D. **Video to CT Registration for Image Overlay on Solid Organs**. 4th Workshop on Augmented Environments for Medical Imaging and Computer-Aided Surgery, New York, 2008.

Vernon, T., Peckham, D. **The benefits of 3D modelling and animation in medical teaching**. J Audiov Media Med., 25:142-148, 2002.

Viera, E. **Estratégia de Segurança para a Transmissão em Tempo Real de Múltiplos Fluxos Multimídia em Alta Definição**. Dissertação. UFPB, 2012.

Vieira, E., Passos, M., Santos, B. A., Oliveira, S. S., Melo, E. A., Motta, G. H. M. B., Tavares, T. A., Lemos, G. S. F. **Uma Ferramenta para Gerenciamento e Transmissão de Fluxos de Vídeo em Alta Definição para Telemedicina**. Salão de Ferramentas do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores 2012, Ouro Preto. Anais do Salão de Ferramentas do SBRC, 2012.

Virtual Liver. Toronto General Hospital Department of Anesthesia. Perioperative Interactive Education, 2014. Disponível em <<http://pie.med.utoronto.ca/VLiver/index.htm>> Acessado em: 2 de março de 2014.

Website, 2014. Disponível em <http://ryan.com.br/imagens/demo6030_snap.jpg> Acessado em: 24 de agosto de 2014.

Wen, C. L. **Telemedicina e Telessaúde – Um panorama no Brasil.** Informática Pública ano 10 (2): 07-15, 2008.

Westermann, U., Klas, W. **Architecture of a datablade module for the integrated management of multimedia assets.** Proceedings of the First International Workshop on Multimedia Intelligent Storage and Retrieval Management (MISRM), Orlando, Florida, 255-90,1999.