



RAPHAEL NAVES

**LABORATÓRIO VIRTUAL DE ANATOMIA
PARA MEDICINA VETERINÁRIA**

LAVRAS – MG

2013

RAPHAEL NAVES

**LABORATÓRIO VIRTUAL DE ANATOMIA PARA MEDICINA
VETERINÁRIA**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Piovesan Melchiori

Coorientador:

Prof. Dr. Gregório Corrêa Guimarães

LAVRAS – MG

2013

RAPHAEL NAVES

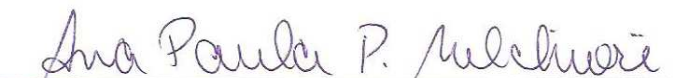
**LABORATÓRIO VIRTUAL DE ANATOMIA PARA MEDICINA
VETERINÁRIA**

Monografia de graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em 22 de agosto de 2013.

Prof. Dr. Neumar Costa Malheiros (UFLA)

Prof. Dr. Rêmulo Maia Alves (UFLA)



Prof.^a. Dr.^a. Ana Paula Piovesan Melchiori (Orientadora)
Prof. Dr. Gregório Corrêa Guimarães (Coorientador)

LAVRAS – MG

2013

A minha Vó Aparecida (in memoriam).

Aos meus pais Sebastião e Irene.

Aos meus irmãos Regis e Natália.

A minha sobrinha Tainá.

A minha tia Nazaré.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Irene e Sebastião por todo amor, apoio e incentivo.

Agradeço a minha querida Vó Aparecida (*in memoriam*) por todos os conselhos e palavras de incentivo.

Agradeço aos meus irmãos Regis e Natália pelo apoio nas horas difíceis.

Agradeço a minha sobrinha Tainá pela alegria de sempre.

Agradeço a minha tia Nazaré por toda a ajuda e apoio.

Agradeço a Professora Ana Paula Piovesan Melchiori pelos anos de orientação e dedicação e por todo conhecimento repassado a mim para a realização deste trabalho.

Agradeço ao Professor Gregório Corrêa Guimarães pela parceria neste trabalho e por toda ajuda.

Agradeço ao meu grande amigo Renan por todo apoio nesses longos anos de curso, pela parceria nos momentos alegres e difíceis e pela disposição em sempre me ajudar.

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A realização de aulas práticas e experimentais de Anatomia Veterinária é de extrema importância para o aprendizado desta disciplina, pois as aulas práticas permitem ao aluno uma compreensão dos conceitos teóricos vistos em sala de aula. Atualmente, com o avanço tecnológico e com o uso de técnicas de Realidade Virtual é possível obter representações de ambientes reais de forma virtual. Estes ambientes podem representar cenários de estudo de diversas áreas como engenharia, computação, agricultura, veterinária ou qualquer outra área para a qual são necessários estudos experimentais. Na área de anatomia em medicina veterinária, algumas ferramentas bidimensionais de ensino têm sido utilizadas para dar apoio ao processo educativo, já que ferramentas tridimensionais incorrem em um alto custo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um laboratório virtual tridimensional de anatomia para medicina veterinária a um baixo custo, que possibilita simulações de aulas práticas laboratoriais com os modelos representativos dos esqueletos dos animais. Para este fim, foram utilizados o software livre Blender 3D para modelagem tridimensional e o Scanner Artec 3D® para captura das estruturas anatômicas. O protótipo assim desenvolvido foi capaz de auxiliar os alunos do curso de Medicina Veterinária da UFLA no processo de aprendizagem por meio da utilização do ambiente virtual tridimensional.

Palavras-chave: Realidade Virtual, Laboratório Virtual, Modelagem Tridimensional

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cena Inicial do Blender.....	27
Figura 2 - Planta baixa do laboratório de anatomia	28
Figura 3 - Uso da Técnica de Extrusão.....	29
Figura 4 - Operação de Intersecção	29
Figura 5 - Operação de União.....	30
Figura 6 - Laboratório de Anatomia - Versão 1.....	30
Figura 7 - Aplicação de Normal Map	31
Figura 8 - Painel Logic Bricks.....	33
Figura 9 - Suporte para ossos.....	35
Figura 10 - Captura com o Scanner Artec 3D®.....	36
Figura 11 – Modelo Virtual x Modelo Real.....	37
Figura 12 - Redução poligonal.....	39
Figura 13 - Trecho de código em Python.....	41
Figura 14 - Logic Bricks	42
Figura 15 - Header Blender	43
Figura 16 - Cenas do laboratório	44
Figura 17 - Cena cPrincipal	45
Figura 18 - Atividades cadastradas no quadro do laboratório	45
Figura 19 - Divisão da peça anatômica.....	46

Figura 20 - Implementação dos Logic Bricks.....	48
Figura 21 - Cena de questões.....	49
Figura 22 - Grafo de cena	50
Figura 23 - Piso sem e com <i>Normal Map</i>	51
Figura 24 - Laboratório Texturizado.....	53

LISTA DE SIGLAS

API - Application Programming Interface

AVA - Ambiente Virtual de Aprendizagem

BGE - Blender Game Engine

CSG - Constructive Solid Geometry

GLSL - GL Shading Language

GNU GPL - General Public License

NaN - Not a Number

SITEG - Sistema Interativo para Treinamento em Exames Ginecológicos

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UFLA - Universidade Federal de Lavras

VIDA- Virtual and Interactive Distance-Learning on Anatomy

ViMET - Virtual Medical Training

VPat - Virtual Patients

VRML -Virtual Reality Modeling Language

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivo	12
1.2. Justificativa	13
1.3. Estrutura do trabalho.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1. Ambiente Virtual Tridimensional de Aprendizagem.....	15
2.2. Jogos 3D e a educação	16
2.3. Realidade Virtual aplicada na área de saúde humana	17
2.4. Ferramentas tridimensionais desenvolvidas para a área de saúde humana.....	20
2.5. Realidade Virtual aplicada na área de saúde animal.....	23
3. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	26
3.1. Blender 3D.....	27
3.2. Modelagem arquitetônica do laboratório de anatomia.....	28
3.3. Blender Game Engine (BGE)	31
3.4. Utilizando a BGE e a linguagem Python	32
3.5. Scanner Artec 3D®.....	33
3.6. MeshLab	38
3.7. Programação utilizando Blender.....	40

3.8. Texturização e Iluminação.....	51
4. RESULTADOS DA PESQUISA DE OPINIÃO.....	54
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	59
6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	61
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
8. GLOSSÁRIO.....	67

1. INTRODUÇÃO

No sistema de ensino tradicional o professor exerce a sua função de prover o conhecimento e o aluno por sua vez exerce a função de recebê-lo. Porém, na maioria das vezes, essa forma de repassar o conhecimento é cansativa, ficando limitada somente às salas de aula. Com o surgimento de tecnologias digitais e interativas que permitem o ensino a distância de forma virtual, um sistema de ensino diferente do tradicional está ganhando mais espaço entre os educadores.

Este sistema de ensino focado em uma visão tecnológica é um modelo no qual o aluno tem uma função mais ativa e autônoma na busca e aquisição pelo conhecimento, propiciando uma realidade educacional centrada no estudante e possibilitando o progresso individualizado.

As tecnologias utilizadas para o ensino à distância de forma virtual apóiam uma realidade educacional voltada para o estudante, pois incentivam o aprendizado a partir de uma situação problema. Assim, tais tecnologias oferecem muitas vantagens, entre elas a de o contato entre professor e estudante não ser mais limitado por questões de tempo e de espaço, possibilitando ao estudante aprender de acordo com o seu ritmo, promovendo mudanças em seus conceitos e, ao mesmo tempo gerando estratégias em direção a um desempenho proficiente.

As tecnologias, da informação e comunicação (TIC) estão impulsionando constantemente a educação a novos rumos, com ênfase na utilização de ferramentas que propiciam uma evolução no processo de ensino e aprendizagem. Dentre elas a Realidade Virtual está tendo um papel importante e definitivo nessa evolução.

Há uma crescente demanda pela representação de ambientes reais de forma virtual. Estes ambientes podem representar cenários de estudo de diversas áreas como engenharia, computação, agricultura, veterinária ou qualquer outra área para a qual são necessários estudos experimentais.

Na área de anatomia em medicina veterinária, algumas ferramentas de ensino têm sido utilizadas para dar apoio ao processo educativo tais como atlas digitais, sites com informações e também livros online.

Entretanto, atividades que envolvam componentes experimentais somente tornam-se possíveis através da Realidade Virtual, pois esta não restringe o andamento da realização dos experimentos laboratoriais ao período da aula em horário regular e ainda facilita o ensino e a aprendizagem.

Neste contexto, surgiu à motivação para elaborar um trabalho com o intuito de criar, a baixo custo, um "Laboratório Virtual de Anatomia para Medicina Veterinária", que permita aos alunos a simulação de aulas práticas.

1.1. Objetivo

Este projeto teve como objetivo a criação de um laboratório virtual de anatomia para medicina veterinária que possibilita simulações com os modelos representativos dos esqueletos dos animais e também interações com experimentos, dando suporte a novas práticas pedagógicas. O ambiente virtual permite a simulação de aulas práticas realizadas em laboratório do curso de Medicina Veterinária da UFLA, de forma que os estudantes e também os professores possam interagir com o ambiente tridimensional como se estivessem desenvolvendo seus experimentos no laboratório real. Os objetivos específicos deste trabalho são relacionados a seguir:

- Desenvolver uma ferramenta a baixo custo;
- Permitir o ensino a distância;
- Diminuir o uso de animais em pesquisas científicas;
- Diminuir a exposição dos alunos em condições insalubres;
- Evitar o desgaste das peças anatômicas;
- Reduzir o custo de experimentos;

1.2. Justificativa

A disciplina de anatomia veterinária requer extensa carga horária de ensino presencial sendo dividida em exposições teóricas e aulas práticas no laboratório, onde são utilizados cadáveres de animais e também peças anatômicas.

O uso de animais no ensino é amparada pela Lei número 11.794¹, de 8 de outubro de 2008, que dispõe sobre procedimentos para o uso científico de animais e é regulamentada pelo Decreto número 6.899², de 15 de julho de 2009. Esses documentos descrevem um conjunto de orientações acerca da utilização desses animais em pesquisas científicas, priorizando o seu bem estar, recomendando a utilização de métodos alternativos que visem diminuir o sofrimento e o uso de animais, estando sujeita a penalidades, as instituições que não cumprirem as exigências desta lei.

Alguns métodos alternativos à utilização de animais em pesquisa científica têm sido utilizados com a finalidade de diminuir o número de animais sacrificados, desta forma, reduzindo o custo dos experimentos, pois animais utilizados em pesquisas precisam ser alimentados e mantidos nas melhores condições de higiene e saúde de acordo as recomendações dos comitês de ética, bem como da legislação vigente.

Um método alternativo que visa diminuir o uso de animais e de peças anatômicas é o uso de réplicas virtuais de modelos reais, através do uso de técnicas de Realidade Virtual, que permitem que o usuário possa

¹ Lei Nº 11.794. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111794.htm.

² Decreto Nº 6.899. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6899.htm.

realizar experimentos científicos de forma semelhante ao que se faz no mundo real.

A utilização de um componente virtual para esta finalidade permite ao estudante explorar todos os conceitos com a mesma facilidade e vantagens oferecidas por um laboratório real permitindo uma maior interatividade.

O laboratório virtual de medicina veterinária permite ao aluno aprofundar seus conhecimentos em anatomia veterinária, pois pode ser utilizado a qualquer momento e em qualquer lugar, ampliando assim seu contato com a disciplina e reduz significativamente seu tempo de exposição a um ambiente insalubre como é o laboratório de anatomia veterinária.

Baseando-se nesta necessidade, e com o propósito de facilitar o aprendizado, foi desenvolvido um "Laboratório Virtual de Anatomia para Medicina Veterinária" que permite a simulação das aulas práticas da disciplina.

1.3. Estrutura do trabalho

O presente capítulo destacou o trabalho introduzindo os objetivos a serem alcançados e a justificativa para desenvolvimento do laboratório tridimensional. No capítulo 2, é apresentado o referencial teórico, destacando o uso da Realidade Virtual aplicada no desenvolvimento de Ambientes Virtuais de Aprendizagem. No capítulo 3, é apresentada a descrição detalhada da metodologia, descrevendo o uso das ferramentas e técnicas utilizadas para construção do ambiente tridimensional, programação da ferramenta, assim como também o processo de escaneamento tridimensional das peças anatômicas e redução poligonal das mesmas. No capítulo 4, são relatados os resultados obtidos. Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, encontram-se definições dos principais conceitos e características que justificam o desenvolvimento do trabalho proposto, detalhando o uso de Ambientes Virtuais Tridimensionais de Aprendizagem como principal ferramenta de aprendizagem, a utilização de jogos tridimensionais no processo educativo, o uso de Realidade Virtual aplicado na área de saúde humana, o uso de ferramentas tridimensionais desenvolvidas, o uso de Realidade Virtual aplicado na área de saúde animal e, por fim, algumas ferramentas tridimensionais desenvolvidas.

2.1. Ambiente Virtual Tridimensional de Aprendizagem

Com os avanços científicos e tecnológicos, surge uma realidade educacional onde o ensino é mediado de forma virtual por meio do computador. A sua inserção no meio estudantil provoca mudanças no comportamento dos participantes do processo de ensino e aprendizagem. Um dos efeitos observados é o aumento da quantidade da informação disponível aos alunos e professores, além de permitir contato remoto entre os participantes sem se preocupar com as fronteiras de tempo e espaço. Nesse sentido, as salas de aulas virtuais ou ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), se fazem presentes no meio educacional, funcionando de forma semelhante a um portal cujo objetivo básico é o ensino a distância, presencial ou semi-presencial.

Segundo [Maitem et al. 2012], a utilização de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) disseminou-se como a principal ferramenta de suporte à aprendizagem, pois oferece maiores potencialidades para práticas didáticas em comparação com a abordagem tradicional de ensino. Os AVAs que permitem a imersão do usuário são conhecidos por ambientes virtuais

tridimensionais e permitem uma construção individual do conhecimento a partir de atividades de exploração, investigação e descoberta por meio da manipulação de avatares. A utilização de um ambiente tridimensional, quando aplicado a uma área do ensino como a matemática, permite que o aluno possa explorar a sua capacidade, manipular e interagir com objetos posicionados no espaço tridimensional, facilitando a observação e a compreensão de modelos teóricos.

O uso de ambientes virtuais tridimensionais de aprendizagem tem se tornado uma prática frequente em atividades didáticas. Essa estratégia objetiva dar suporte à realização de experiências sem a necessidade da presença do usuário em um determinado local, e cada vez mais se consolida entre os educadores por proporcionar um espaço onde os estudantes podem experimentar diferentes situações úteis ao seu desenvolvimento pessoal e profissional. Assim, os AVAs têm contribuído de forma significativa para o redimensionamento das estratégias de ensinar e aprender, proporcionando diferentes ferramentas educativas e artefatos para dar apoio ao processo educacional.

2.2. Jogos 3D e a educação

Ainda de acordo com [Maitem et al. 2012], junto com as potencialidades educacionais do uso de ambientes virtuais tridimensionais de aprendizagem, estão os incentivos a jogos como ferramenta de ensino. Entre outras coisas, os jogos digitais educacionais podem desenvolver nos jogadores habilidades motoras e também habilidades cognitivas. Contribuem para aumentar a capacidade de memorização e resolução de problemas de alta complexidade e aumentam a capacidade criativa.

Cada vez mais presentes na educação, os jogos digitais constituem uma estratégia diferenciada para aprimoramento do processo educativo, pois possibilitam que os alunos possam aprender rapidamente devido a sua rápida

disseminação e facilidade de acesso, estando disponíveis pela internet, *tablets*, celulares ou em consoles. Os alunos imersos nesse ambiente virtual devem desempenhar papéis importantes onde, na maioria das vezes, são comandantes de um processo devendo resolver problemas inesperados e até mesmo complexos.

Para [Machado et al. 2011], os jogos são uma ferramenta importante para o ensino, realização de treinamentos e simulações. Cada vez mais utilizados com finalidades educacionais, estes ambientes tridimensionais baseados em realidade virtual contribuem para aumentar a motivação dos alunos na busca pelo conhecimento, além de permitir o desenvolvimento e capacidade de, não só resolver determinados problemas, mas também encontrar várias maneiras de resolvê-los. No âmbito educacional, os jogos favorecem o domínio das habilidades de comunicação, facilitando a auto-expressão e ainda encorajam o desenvolvimento intelectual, unindo aspectos lúdicos a conteúdos mais específicos, estimulando a capacidade de raciocínio.

2.3. Realidade Virtual aplicada na área de saúde humana

A Realidade Virtual pode ser definida como uma tecnologia de interface avançada cujo objetivo é recriar ao máximo a sensação de realidade para um indivíduo, permitindo o mesmo visualizar, manipular e interagir, em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado pelo computador.

Segundo [Rojas et al. 2008], os ambientes virtuais desenvolvidos por meio de realidade virtual possuem muitas outras aplicações além do entretenimento, por exemplo, dentro do ambiente virtual, o usuário pode visualizar, manipular e explorar dados, simular o comportamento humano, desenvolver construções arquitetônicas, realizar treinamentos, etc.. Neste contexto, a realidade virtual tem por finalidade permitir ao usuário interagir com um ambiente simulado em três dimensões, permitindo ao mesmo

vivenciar experiências, participando destas e tornando-se responsável por seu próprio aprendizado.

O uso da Realidade Virtual vem trazendo consideráveis contribuições em diversas áreas devido ao seu grande poder de permitir a imersão dos usuários em um mundo virtual paralelo ao mundo real, sendo a área da medicina uma das mais beneficiadas pelo seu uso. Com a finalidade de criar um ambiente propício ao ensino, a um baixo custo e com intuito de reproduzir situações reais sem expor o usuário em condições danosas ou até mesmo em risco de vida, a utilização da realidade virtual na área de saúde se torna uma ferramenta de crescente interesse, pois permite utilizar o ambiente virtual para a realização de simulações médicas contribuindo para a formação de um profissional mais capacitado.

As simulações em ambientes tridimensionais são realizadas com o propósito de resolver determinados problemas, geralmente complexos, e segundo [Bai et al. 2011], através do processo de simulação os usuários podem assumir um novo papel, realizando as tarefas de forma diferente, ou seja, refletindo, assumindo os riscos e adquirindo experiência através da interação com os colegas. Já que para o estudo de medicina, manequins simuladores de pacientes geralmente incorrem um valor elevado, os estudantes ao utilizarem um modelo tridimensional para simulação, podem praticar em qualquer lugar e a qualquer hora.

Simulações computacionais têm sido adotadas e realizadas em uma variedade de contextos de aprendizagem, por exemplo, nas áreas de: medicina, saúde, educação entre outras. Estes métodos de simulação têm revolucionado a formação pessoal e profissional dos alunos em áreas como: terapia intensiva, cirurgia, anestesiologia e segurança do paciente, possibilitando a transferência de conhecimentos e competências aos profissionais de saúde, [Bai et al. 2011].

Para [Silva et al. 2011], a realidade virtual é uma tecnologia promissora que se destaca na área de saúde, pois fornece várias formas de

treinamento em estruturas anatômicas, reduzindo os riscos cirúrgicos. Diversas aplicações usando realidade virtual para a área de medicina têm sido desenvolvidas com intuito de permitir o estudo interativo de estruturas e órgãos do corpo humano como: ambientes virtuais que simulam treinamentos com exames e também atlas virtuais que permitem o estudo da anatomia e fisiopatologia de algumas doenças como o câncer de mama. Ainda de acordo com [Silva et al. 2011], existem ainda outras aplicações de realidade virtual que consistem em tratar fobias, situações de pânico e situações de risco, tais como medo de altura, medo de animais, viagens aéreas entre outros.

Segundo [Cunha et al. 2006], um atlas de anatomia das estruturas humanas provê informações textuais e visuais que auxiliam no treinamento dos futuros profissionais da área médica, devido principalmente a insuficiência de cadáveres e do desgaste de peças anatômicas pelo uso constante, deste modo, tem-se na utilização destes atlas que possuem informações gerais ou específicas, nos formatos digitais ou livros uma das soluções para este tipo de problema. O atlas de anatomia em formato de papel ainda é o meio mais utilizado para o ensino, mas este tipo de veículo de informação é limitado a figuras planas não permitindo ao aluno a total visualização e a manipulação da estrutura anatômica em ângulos diferentes. Em atlas anatômicos ilustrados há certa dificuldade em retratar o formato das estruturas para os alunos, devido à questão de cores, luminosidade, não sendo possível observar todas as estruturas relacionadas à parte estudada, mesmo se tratando de uma foto mais realista, seriam necessárias várias imagens de diversos ângulos para mostrar todas as partes de uma mesma estrutura ou órgão.

2.4. Ferramentas tridimensionais desenvolvidas para a área de saúde humana

As ferramentas tecnológicas cooperam para o desenvolvimento da educação, sendo de grande importância como um instrumento significativo para favorecer o processo de aprendizagem, pois oferecem um vasto conteúdo em formato digital, o que permite aos usuários acessar as informações através do uso de computadores. Desta forma, os atlas também passaram a apresentar seu conteúdo em formatos digitais, oferecendo aos estudantes ótimos recursos visuais que permitem a interação, contribuindo para um maior entendimento do conteúdo abordado. No entanto, alguns atlas não proporcionam o efeito de profundidade que possibilita uma maior interação com o espectador.

Ainda de acordo com [Cunha et al. 2006], os atlas digitais apresentam várias vantagens para os estudantes em comparação com atlas de papel, pois apresentam estruturas anatômicas a um alto realismo e com maior possibilidade de interação, refletindo em uma ampla compreensão e absorção das informações. Ainda assim, segundo [Cunha et al. 2006], algumas características poderiam ser trabalhadas para aumentar a similaridade dos modelos tridimensionais anatômicos, como: desenvolver uma interface amigável e intuitiva, descrever detalhadamente as camadas de cada estrutura além de ser permitida uma visualização estereoscópica. A implementação destas características em um atlas tridimensional permitiria ao aluno um maior assimilação do conteúdo, o que facilitaria a aprendizagem e possibilitaria que mais alunos tivessem acesso ao atlas tridimensional.

Foi construído o AnatomI 3D, que é um atlas virtual tridimensional de uso livre, com o objetivo, segundo [Cunha et al. 2006], de permitir, de forma interativa, o estudo e a manipulação das estruturas que compõem o corpo humano, associando estas a textos descritivos. A sua utilização

possibilitou a total imersão do usuário no ambiente tridimensional, permitindo uma maior interação além de auxiliar positivamente no aprendizado dos mesmos.

Assim como [Cunha et al. 2006], [Ramos et al. 2005] compartilham a mesma visão acerca do ensino de anatomia humana mediado por meio de livros didáticos ser limitado apenas a representação bidimensional das estruturas, enquanto que com o uso de cadáveres além de expor alunos em condições nocivas, apresentam dificuldades em relação a sua obtenção e manutenção. Por este motivo [Ramos et al. 2005], desenvolveram um atlas virtual da mama para auxiliar no estudo de anatomia e fisiopatologia do câncer de mama fornecendo informações sobre as estruturas e sobre a visualização do crescimento de tumores malignos utilizando para tal fim a linguagem de programação Java e a API Java 3D.

Para [Souza et al. 2006], o uso de sistemas baseados em Realidade Virtual utilizados para ensino de medicina apresenta vantagens sobre métodos tradicionais de ensino por permitir a imersão do usuário no ambiente de estudo. Estes sistemas virtuais permitem treinamentos de procedimentos comumente utilizados na área como: exames e cirurgias sem expor os usuários a riscos, podendo repetir o procedimento quantas vezes forem necessárias. Com o propósito de desenvolver uma ferramenta de treinamento para a identificação de doenças do colo do útero [Souza et al. 2006], desenvolveram o SITEG - Sistema Interativo para Treinamento em Exames Ginecológicos, que é um sistema virtual que tem como finalidade prover um ambiente interativo que permita o usuário aprender, treinar e ser avaliado na execução de um exame ginecológico do colo do útero.

Para [Souza et al. 2006], [Cunha et al. 2006] e [Ramos et al. 2005], aplicações utilizando realidade virtual na área de medicina utilizando simulações vem sendo desenvolvidas com várias finalidades, entre elas facilitar o entendimento e aumentar a compreensão acerca do conteúdo. Assim como no desenvolvimento do AnatomI 3D, no desenvolvimento do

SITEG foram utilizadas ferramentas de domínio público, o que contribuiu para um custo razoável, permitindo uma maior difusão desta tecnologia para o ensino.

Outro projeto desenvolvido utilizando realidade virtual para medicina foi o ViMET (*Virtual Medical Training*), um *framework* orientado a objetos para treinamento médico, com intuito, de acordo com [Oliveira 2007], de detectar colisões, deformações e estereoscopia para que seja possível realizar simulações de exames de punção, onde se faz necessário a representação de um órgão humano e um equipamento para coleta de material. Este *framework* foi desenvolvido com a possibilidade de inserção de novas técnicas objetivando construir novas aplicações.

[Nunes et al. 2011], realizam uma análise acerca do uso de um ambiente virtual tridimensional (Ava 3D) como ferramenta de apoio ao ensino para estudantes da área de medicina. A utilização deste tipo de ambiente tem crescido progressivamente e vem sendo utilizado em diversas áreas, em especial a área da saúde. Como ferramenta de apoio ao ensino, o ambiente virtual VIDA (*Virtual and Interactive Distance-Learning on Anatomy*), desenvolvido pela Interlab/USP, tem por objetivo o ensino de anatomia humana. Os autores concluíram que a utilização de ambientes virtuais tridimensionais colaborou certamente para a motivação dos alunos.

O trabalho de [Freitas et al. 2003] apresenta o *framework* VPat (“*Virtual Patients*”) que é orientado a objetos e tem por finalidade criar seres humanos virtuais para serem utilizados em aplicações de realidade virtual na área médica para permitir a visualização de imagens e simulações.

Para [Hounsell et al. 2008], a utilização de técnicas de realidade virtual permitem o desenvolvimento de ambientes que auxiliem e facilitem o aprendizado, lançando o usuário em um mundo alternativo proporcionando a oportunidade de vivenciar experiências e repeti-las quando necessário de uma forma segura, contribuindo assim para construção de novos conhecimentos. São inúmeras as vantagens do uso de sistemas baseados em

realidade virtual para o ensino, já que estes propiciam aprendizado e treinamento com nível e realismo próximo do real, independente do local em que se esteja e ainda não oferece desgaste dos modelos utilizados.

Além dos trabalhos citados acima, as pesquisas na área de realidade virtual são cada vez mais intensas com a finalidade de desenvolver ferramentas tanto de hardware quanto de software que visem auxiliar tanto o meio acadêmico quanto o meio industrial.

2.5. Realidade Virtual aplicada na área de saúde animal

A área de saúde humana tem se beneficiado substancialmente com os avanços tecnológicos apresentados pelo uso da Realidade Virtual. São várias as aplicações desenvolvidas que visam auxiliar no tratamento de câncer, tratamento de fobias, tratamento de situações que envolvem algum tipo de risco, tratamento de situações de pânico entre outras.

No entanto, na área de saúde animal as pesquisas e trabalhos desenvolvidos utilizando Realidade Virtual para o ensino e para o treinamento ainda são poucos se comparados a medicina humana.

Métodos alternativos empregados ao ensino de medicina veterinária têm sido utilizados como forma alternativa ao uso de animais vivos ou cadáveres. Pode-se citar o uso de manequins, material online, livros textos, atlas digitais, aplicações de realidade virtual entre outros. As aplicações em realidade virtual permitem uma maior sensação de realidade em comparação com as outras devido à imersão proporcionada. Mas, mesmo com essa possibilidade, as aplicações utilizando Realidade Virtual na área de saúde animal ainda são poucas.

Algumas propostas surgem para minimizar as dificuldades encontradas com o uso de animais, como o software Anatomia Canina 3D

1.5³. Este é um software proprietário e foi desenvolvido para permitir a visualização dos sistemas presentes nos cães isoladamente ou em qualquer combinação, em diferentes ângulos e graus de aproximação, foi desenvolvido e é mantido pela empresa Biosphera que desenvolve animações e softwares utilizando computação gráfica.

O uso de um software proprietário nem sempre é uma opção atrativa devido muitas vezes ao alto custo. Como alternativa, pesquisas são realizadas com o objetivo de desenvolver ferramentas que auxiliem no ensino e aprendizagem. Para este propósito são utilizados programas de domínio público que contribuem para um baixo custo de desenvolvimento, assim como os softwares utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

[Lima et al. 2008], propuseram o desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar no estudo da osteologia utilizando Realidade Virtual. O objetivo do trabalho foi desenvolver um método alternativo como recurso didático para evitar a necessidade do sacrifício de algum animal, permitindo ao usuário uma total imersão no ambiente. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados a linguagem de programação VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) e Java.

O uso de Software Livre em pesquisas científicas contribui de forma positiva para desenvolvimento de ferramentas que sejam acessíveis a todos. Assim como [Lima et al. 2008], [Toledo et al. 2008], também desenvolveram uma ferramenta utilizando Realidade Virtual com o objetivo de substituir animais e auxiliar no processo pedagógico. A ferramenta desenvolvida tem por objetivo simular o estômago bovino, informando suas principais características, anomalias e simulações de cirurgias. Também foram utilizados a linguagem de programação VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) e Java para criação da ferramenta. Ainda de acordo

³ SOFTWARE ANATOMIA CANINA 3D 1.5. Disponível em: <http://www.biosphera.com.br/veterinaria-anatomia-canina.asp>.

com [Toledo et al. 2008], o interesse em Realidade Virtual em medicina veterinária ainda é pequeno e há poucos investimentos na área, o que é mais comum é a colaboração entre cientistas da computação com alguns grupos de faculdades de medicina veterinária para desenvolver ferramentas que visem auxiliar o ensino.

As ferramentas para auxiliar os estudos em medicina veterinária propiciam uma nova realidade ao aluno e ao professor, pois inserem os mesmos em um ambiente imersivo e interativo. [Martinez et al. 2008], propuseram uma ferramenta para que os alunos de medicina veterinária aprendam sobre as estruturas que compõem o ouvido e foram utilizadas ferramentas gratuitas no desenvolvimento. Ainda de acordo com [Martinez et al. 2008], a área de medicina tem sido uma das mais beneficiadas com o uso de Realidade Virtual, pois a mesma permite simular um ambiente real envolvendo um controle tridimensional.

Para [Lima et al. 2008], [Toledo et al. 2008] e [Martinez et al. 2008], o uso de Realidade Virtual em aplicações de medicina veterinária contribui para evitar o sacrifício de animais. Tais ferramentas não apresentam limitações em relação a tempo e espaço, visto que podem ser usadas a qualquer momento e lugar, desde que o usuário disponha de um computador ou equivalente que consiga executar a aplicação. O uso de Realidade Virtual em medicina veterinária ainda é pouco utilizado, poucos sistemas foram desenvolvidos para auxiliar os alunos e professores do curso que muitas vezes utilizam uma representação de uma estrutura em duas dimensões ou manipulam cadáveres.

3. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho apresenta perspectivas de ambas às pesquisas, quantitativa e também a qualitativa, buscando refletir sobre as principais aplicações e particularidades destes dois tipos de abordagens metodológicas no campo educacional.

O método quantitativo utilizado foi o uso de dados sintéticos. Avaliou-se o grau de satisfação dos alunos com o retorno das respostas dadas pela aplicação medindo assim a proximidade com os objetivos propostos.

O método qualitativo utilizado foi o de estudos qualitativos observacionais. Foi realizada uma observação do ambiente onde o sistema está sendo usado ou onde será usado, do entendimento das várias perspectivas dos usuários ou potenciais usuários do sistema.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os softwares Blender 3D ⁴e MeshLab⁵, ambos de licença gratuita, o software CrazyBump⁶, que é um software proprietário com tempo de uso limitado de trinta dias (*shareware*) e foi utilizado o Scanner Artec 3D⁷ para capturar de forma precisa as estruturas anatômicas. A implementação do trabalho se deu em um computador Dell com processador Intel® Core™ i7- 2670QM (3.1GHz, 6MB Cache, 8 Threads) e 6 GB de RAM e sistema operacional Windows 7 Professional 64 bits. Foi utilizada a linguagem de programação Python na implementação dos *Scripts* utilizados na *Game Engine* do Blender

⁴ Blender 3D. Disponível em: <http://www.blender.org/>.

⁵ MeshLab. Disponível em: <http://meshlab.sourceforge.net/>.

⁶ CrazyBump. Disponível em: <http://www.crazybump.com/>.

⁷ Artec 3D®. Disponível em: <http://www.artec3d.com/>.

3D. A descrição mais detalhada acerca do uso dos softwares utilizados e o processo de captura serão descritos abaixo.

3.1. Blender 3D

O Blender 3D é um programa de código aberto, seu código fonte está disponível sobre a licença GNU GPL. Originalmente desenvolvido pela empresa Not a Number (NaN), esta ferramenta permite a modelagem, animação, renderização, criação de vastos conteúdos em três dimensões e ainda possui sua própria *Game Engine* embutida, que possibilita a criação de aplicações interativas 3D. O programa é multiplataforma, e possui funcionalidades similares a de outros softwares não livres e apresenta o diferencial de possuir uma *Game Engine*.

Ao iniciar o Blender, a cena inicial é composta pelos seguintes elementos: 1 - um cubo no centro da cena (*Cube*); 2 - uma luz (*Lamp*); 3 - uma câmera (*Camera*) e a visão vista é a de topo (*Top*). A cena inicial pode ser observada na Figura 1.

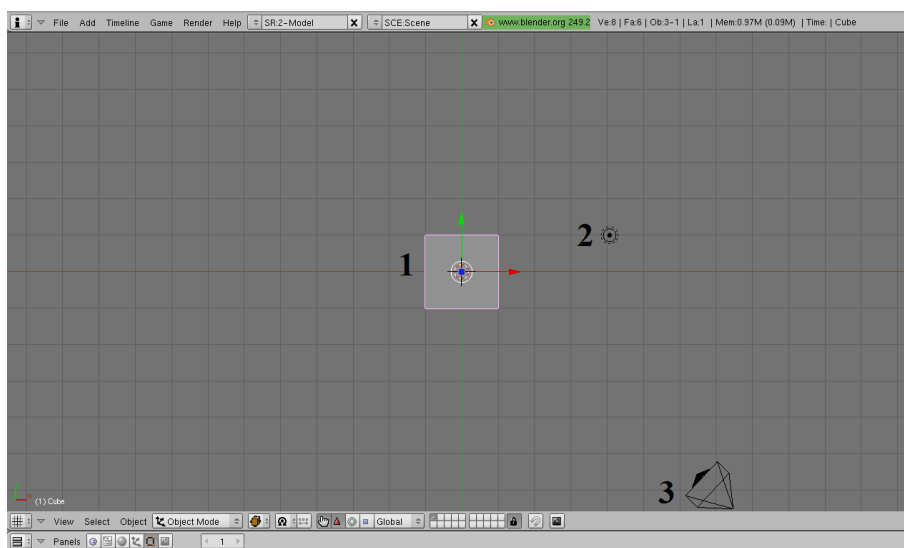


Figura 1 - Cena Inicial do Blender

A versão do Blender 3D utilizada para desenvolvimento do laboratório tridimensional de anatomia veterinária foi:

Blender 2.49b, Built on 2009-09-01, Version win32 dynamic.

3.2. Modelagem arquitetônica do laboratório de anatomia

O laboratório de anatomia veterinária foi modelado utilizando a planta baixa da sua construção. A planta é ilustrada na Figura 2.

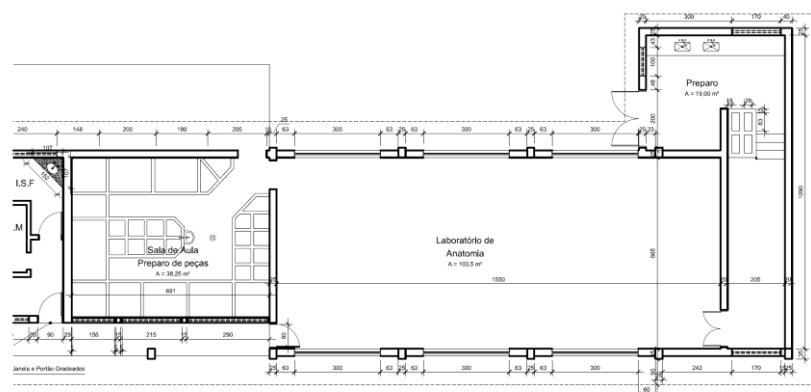


Figura 2 - Planta baixa do laboratório de anatomia

A planta baixa do laboratório foi carregada no software Blender 3D e então se deu o processo de modelagem através do uso da Técnica de Extrusão⁸. Esta técnica também é conhecida por Modelagem por Varredura, consiste em criar um conjunto de vértices/faces/bordas na parte do objeto selecionado. A Figura 3 ilustra o processo de extrusão no objeto selecionado.

⁸ MODELAGEM GEOMÉTRICA E SWEEPING. Disponível em: <http://www2.ic.uff.br/~aconci/sweeping.html>.

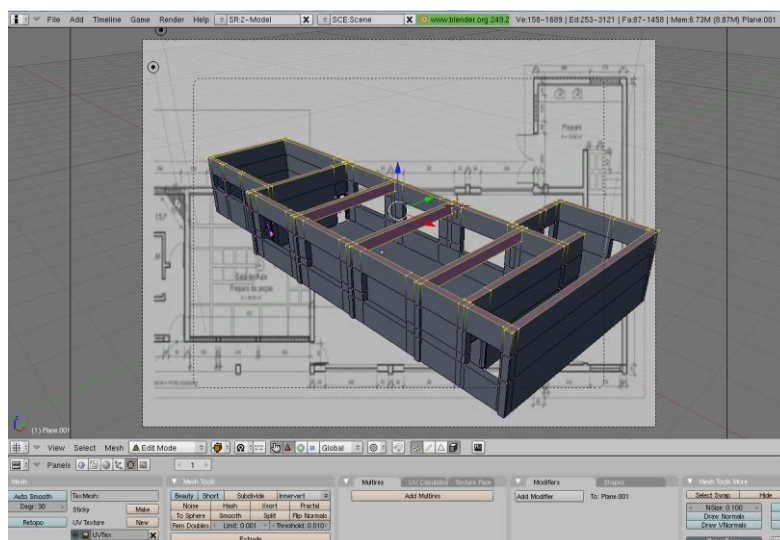


Figura 3 - Uso da Técnica de Extrusão

Ao término do processo de extrusão, o laboratório foi finalizado, se deu início ao processo de modelagem dos objetos que compõem o laboratório. Estes objetos são: bancos, mesas, armários, portas, janelas e ventilador, os quais foram modelados utilizando a Técnica CSG (*Constructive Solid Geometry*)⁹. Esta técnica utiliza o princípio de que um objeto seja definido como uma combinação Booleana de outros objetos, ou seja, utilizam-se as operações de intersecção, união e diferença para modelar objetos. As Figuras 4 e 5 ilustram os processos de aplicação da CSG.

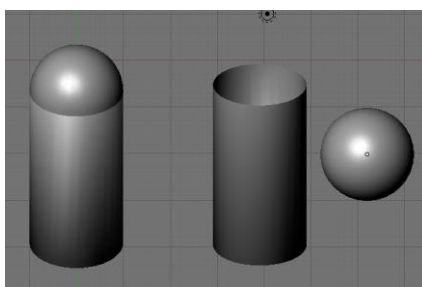


Figura 4 - Operação de Intersecção

⁹ CSG - CONSTRUCTIVE SOLID GEOMETRY. Disponível em: <http://www.dca.fee.unicamp.br/~martino/iniciacao/pauloau/csg.html>.

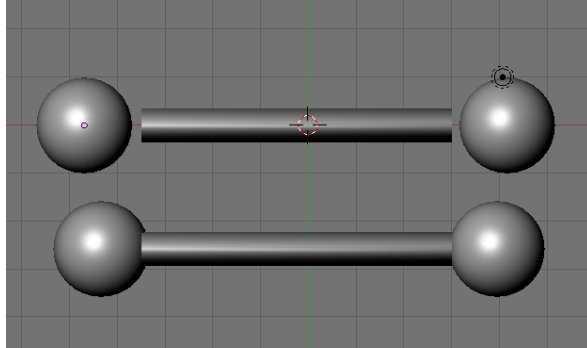


Figura 5 - Operação de União

Ao finalizar esta etapa foi obtida uma primeira versão completa do laboratório conforme pode ser vista na Figura 6.



Figura 6 - Laboratório de Anatomia - Versão 1

3.3. Blender Game Engine (BGE)

O Blender 3D possui um motor interno para criação de jogos, a chamada *Blender Game Engine* (BGE), que pode ser utilizada para criar jogos que rodam nos principais sistemas operacionais.

A BGE possui iluminação em tempo real, mecanismos de física e de colisão, animação de malhas entre outras. Um poderoso recurso presente no Blender 2.49 e que foi utilizado neste trabalho foi o *Blender GLSL (GL Shading Language) Material*, que permitiu a visualização em tempo real de sombras e materiais, deixando o ambiente tridimensional o mais realista possível.

Outro recurso utilizado para aumentar o realismo do ambiente tridimensional foi o uso da técnica de Normal Map, que simula o relevo da superfície calculando o ângulo das sombras em uma textura, dando a sensação de profundidade. Na Figura 7, a imagem da esquerda apresenta uma superfície sem o uso de Normal Map e a imagem da direita a mesma superfície com o uso de Normal Map.

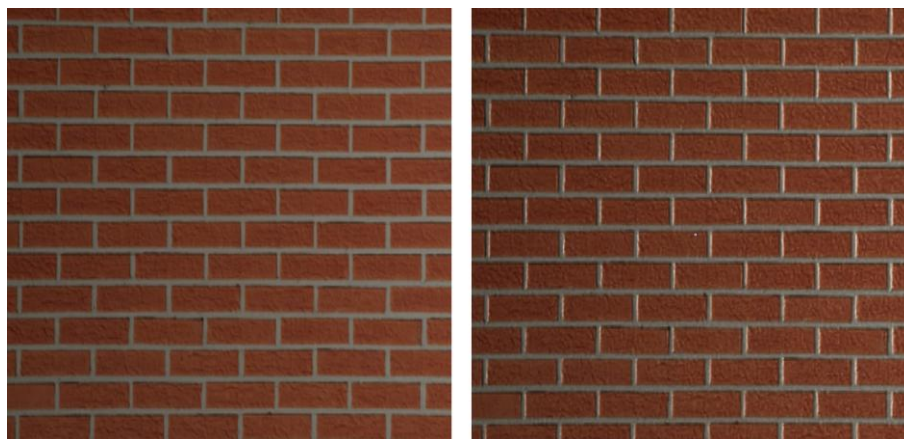


Figura 7 - Aplicação de Normal Map

O uso desta técnica melhora a aparência de um modelo de baixa resolução, obtendo um modelo de alta resolução. A primeira imagem mostra

uma superfície em baixa resolução, e a segunda imagem mostra a mesma superfície com o *Normal Map*, esta última apresenta definidamente o relevo da superfície.

3.4. Utilizando a BGE e a linguagem Python

O uso da BGE se dá por meio dos chamados *Logic Bricks* (Blocos Lógicos), cuja finalidade é oferecer uma interface visual simples e fácil de ser programada. Os Logic Bricks são divididos em: *Sensors* (Sensores), *Controllers* (Controladores) e *Actuators* (Atuadores).

Os *Sensors* detectam as colisões e quando é disparado um sinal é enviado para todos os *Controllers* que estão ligados a ele. Os principais *Sensors* utilizados no desenvolvimento do laboratório foram: *Keyboard*, que captura os valores do teclado; *Mouse*, que captura o *click* do *mouse* sobre os objetos e *Message* que envia uma mensagem ao controlador para processar uma ação.

Os *Controllers* são os blocos que captam os dados provindos dos *Sensors*, reagindo a decisões como conexões de entrada, expressões complexas e também *Scripts* na linguagem Python. Existem oito controladores que são utilizados de diversas formas para processar as entradas dos dados vindos dos *Sensors*. Estes controladores são: AND (E); OR (OU); XOR (OU exclusivo); NAND (Negação E); NOR (Negação OU); XNOR (Negação OU Exclusivo); Expression (Expressão) e por último Python (Scripts Python). O *Controller* tipo Python é mais poderoso da BGE, pois seu uso permite ligar um *Script* Python, possibilitando desta forma, controlar objetos dentro do jogo de uma forma que não seria possível só com o uso dos Logic Bricks. A BGE utiliza a linguagem de programação Python, linguagem de alto nível, orientada a objetos, interativa, interpretada e de tipagem forte.

E por fim têm-se os *Actuators*, que são os blocos lógicos de execução, estes realizam ações como mover, rotacionar objetos, reproduzir sons, executar animações, conectar cenas, etc..

No desenvolvimento do trabalho se fez necessário o uso de todos os *Logic Bricks* citados acima. Foram utilizados em conjunto com os *Logic Bricks* os Scripts em Python para programação da lógica do laboratório. O uso de Scripts possibilitou executar tarefas como capturar o ponteiro do mouse para locomoção dentro do espaço tridimensional, pintar o objeto selecionado, tarefa esta importante que foi utilizada para separar as divisões das peças anatômicas e também o uso de um Script que permite rotacionar as peças anatômicas em torno de seu eixo na própria *Game Engine* durante a execução da atividade proposta. A Figura 8 ilustra o painel do uso dos *Logic Bricks* no Blender.

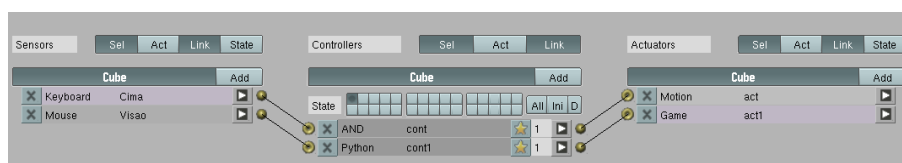


Figura 8 - Painel Logic Bricks

3.5. Scanner Artec 3D®

Após o término da etapa de modelagem do laboratório de anatomia se deu início ao processo de escaneamento das peças anatômicas, para este fim foi utilizado o Scanner Artec 3D®.

Segundo [COIMBRA 2009], o Scanner 3D é um dispositivo que captura um conjunto de dados de um objeto ou ambiente após realizar uma análise sobre o mesmo. Depois, em posse desses dados, são construídos os modelos tridimensionais que serão utilizados em aplicações. Esses Scanners são utilizados para capturar determinadas superfícies e gerá-las de forma

tridimensional, sendo este processo realizado quando a estrutura a ser modelada é muito complexa o que necessitaria de muitas horas de trabalho.

O funcionamento do Scanner 3D se dá por meio do envio de pontos de luz para o objeto e este recebe uma pequena porcentagem desses pontos novamente através da óptica. Utilizando essa técnica os Scanners 3D recriam um modelo tridimensional muito rápido e produzem uma imagem com a informação da distância de cada ponto em relação ao objeto.

Para [COIMBRA 2009], com a digitalização 3D foi possível o desenvolvimento de projetos até antes inimagináveis, como por exemplo: digitalização de modelos de argila, digitalização de maquetes, entre outros.

Por meio do uso do Scanner Artec 3D® foi possível obter uma digitalização das peças anatômicas que foram utilizadas para compor este trabalho. Com o Scanner o processo de modelagem das estruturas anatômicas se deu de forma rápida e precisa, foram obtidos os modelos tridimensionais com extrema perfeição, processo este que seria inviável se não com o uso do Scanner 3D.

O Scanner possui três modos de captura de um objeto: o primeiro consiste em capturar o objeto usando para isso sua geometria e suas cores. Este modo de captura foi descartado logo no início, já que não tinha necessidade de ter as cores do objeto, também utilizando este modo de captura o modelo gerado ficava pesado para trabalhar já que carregava as texturas do objeto. A segunda forma de captura consistia em capturar o objeto utilizando somente a sua geometria, esta forma foi à utilizada para todas as capturas, pois se mostrou superior em relação à primeira por não carregar as texturas do objeto, gerando assim um arquivo mais leve e fácil de ser trabalhado. A terceira forma captura o objeto utilizando para isso somente a sua cor, esta forma também foi descartada, pois em determinados momentos durante a fase de testes a geometria do objeto era perdida.

Toda a captura das estruturas anatômicas foi realizada no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Ciência da Computação, e para

comportar as estruturas anatômicas foi construído um suporte, uma caixa de madeira totalmente preta com as dimensões (1m x 1m x 1m), que possui uma base giratória e um suporte superior que fixa a peça de forma que mesma gire em torno de sua base. Este suporte superior foi construído com finalidade de fixar as peças anatômicas para que as mesmas rotacionem somente em torno de seu eixo, pois se a peça sair do lugar, por menor que seja à distância, o modelo escaneado fica comprometido não ficando fiel o seu original. A Figura 9 mostra o modelo da caixa de madeira construída.



Figura 9 - Suporte para ossos

Para cada peça anatômica foram necessários quatro escaneamentos, sendo este procedimento obrigatório para obter o modelo tridimensional o mais realista possível. O primeiro escaneamento a peça é colocada em pé, então se realiza esta captura, o segundo escaneamento coloca a peça também em pé, mas ao contrário da forma com que foi colocada para o primeiro escaneamento. O terceiro escaneamento coloca-se a peça deitada e então

inicia o processo de captura e por fim o último escaneamento também se utiliza a peça deitada, mas em uma posição contrária a que foi realizada no terceiro escaneamento. Durante o processo de escaneamento, no software Artec Studio há uma barra verde lateral que mostra a distância do Scanner ao objeto que está sendo escaneado. A Figura 10 ilustra este processo.



Figura 10 - Captura com o Scanner Artec 3D®

Após finalizar o processo de captura da peça, inicia-se o processo de acabamento do modelo gerado. O primeiro passo consiste em apagar do modelo tudo que não faz parte, após esta fase se é iniciado o processo de alinhamento dos modelos e finalizada esta parte basta aplicar um filtro que fundirá os escaneamentos e então o modelo final é gerado. O objeto tridimensional final obtido como mostrado na Figura 11 possui 248250 vértices e 495726 faces e tamanho de 39MB.



Figura 11 – Modelo Virtual x Modelo Real

Mas devido ao tamanho do arquivo que conta com um número alto de faces e vértices foi impossibilitado o seu uso em qualquer programa, sendo necessário um computador de alto desempenho para processar toda a informação. Desta forma foi necessário utilizar uma ferramenta para diminuir o número de vértices e faces do objeto sem perder sua geometria, esta ferramenta será descrita abaixo no próximo tópico.

3.6. MeshLab

MeshLab é um software de código aberto utilizado para tratamento, processamento e edição de malhas triangulares em 3D. Este sistema tem por objetivo auxiliar no processamento dos modelos através de um conjunto de ferramentas para editar, renderizar, limpar e também reduzir o número de polígonos presente em uma malha. No programa se encontram diversos filtros para remoção de vértices duplicados, preenchimento de buracos na malha, reconstrução de superfície, entre outras funcionalidades.

O processo de escaneamento 3D gera objetos com total realismo e perfeição, mas em contrapartida os modelos gerados possuem um número alto de polígonos e faces exigindo para o processamento máquinas de alto desempenho. Neste contexto tem-se na ferramenta MeshLab uma ótima solução para reduzir o número de polígonos de malhas geradas pelo escaneamento tridimensional de uma forma bem prática, pois a geometria do modelo é mantida pela ferramenta.

A técnica utilizada para redução poligonal se baseia no modelo *Quadric Edge Collapse Decimation*, que tem por objetivo fundir dois vértices através da remoção da aresta correspondente, reposicionando o novo vértice em uma posição menos afastada da original, [ROCHA 2010].

O uso da ferramenta MeshLab possibilitou diminuir o número de vértices e faces dos objetos escaneados de forma considerável. Em todos os modelos a geometria foi preservada o que contribuiu ainda mais para seu uso, já que as peças anatômicas devem ser o mais fiel possível.

Em um primeiro momento foi questionado como seriam disponibilizadas as estruturas anatômicas que iriam compor o laboratório tridimensional de anatomia, já que até o momento ainda não havia encontrado uma ferramenta eficaz para redução de polígonos. Foi encontrado então no levantamento bibliográfico um artigo sobre a

suavização de malhas. Este trabalho encontrado foi desenvolvido por [Tenório et al. 2009] que propuseram um *plugin* para suavização de malhas no software MeshLab. Eles descrevem o uso de alguns métodos e fizeram uma comparação com uma filtragem clássica e depois então usaram o método que criaram para malhas de triângulos.

Os resultados da redução poligonal conseguida através do uso do software MeshLab mostraram-se satisfatórios. Em todos os escaneamentos foram alcançados os níveis de detalhes suficientes nas peças anatômicas escaneadas. Desta forma, os usuários em questão não terão problemas na identificação das principais estruturas que compõem cada peça. A Figura 12 ilustra o processo de redução poligonal.

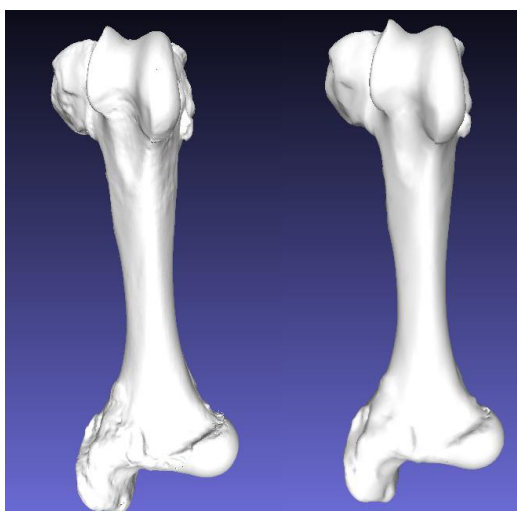


Figura 12 - Redução poligonal

A Figura 12 apresenta dois modelos tridimensionais, o que se encontra a esquerda é o modelo sem redução poligonal, como já dito apresenta 248250 vértices e 495726 faces e tamanho de 39MB. O modelo que está à direita é o modelo com números de polígonos reduzido, este apresenta 5013 vértices e 9990 faces e tamanho de 801KB.

Em posse destes resultados, em relação ao número de vértices o modelo obtido apresenta aproximadamente 2% do número de vértices em

relação ao modelo original, em relação ao número de faces o modelo obtido também apresenta aproximadamente 2% do número de faces em relação ao modelo original e em relação ao tamanho do arquivo o modelo obtido apresenta aproximadamente 2% do tamanho em relação ao modelo original. Logo, se obteve um modelo reduzido que é equivalente ao modelo original, mas que representa apenas 2% do mesmo.

Estes resultados apresentam um ganho considerável em relação ao filtro utilizado pelo MeshLab para diminuição do número de polígonos. Foi desenvolvido um laboratório tridimensional que não possui restrições em relação ao desempenho de um computador. Finalizado o processo de redução poligonal das estruturas, se deu início à programação da lógica do laboratório utilizando para isso os Logic Bricks do Blender e também Scripts em Python, toda a programação será descrita na próxima seção.

3.7. Programação utilizando Blender

A programação do laboratório tridimensional foi toda desenvolvida utilizando o Blender 3D e sua *Game Engine* (BGE). O primeiro passo foi definir se o laboratório seria visualizado em primeira pessoa ou terceira pessoa. Neste caso, optou-se pela visão em primeira pessoa, que é a mesma visão que temos quando estivermos dentro do laboratório, esta visão também permite uma melhor visualização em relação à visão em terceira pessoa em que o usuário enxerga por uma perspectiva exterior.

Escolhida a forma de visão, o próximo passo consistiu em determinar o uso ou não de um Avatar. No caso positivo, para ter um maior realismo seria necessário modelar o personagem e adicionar os *Bones* (Ossos) para que o personagem possa movimentar com realismo. Neste caso optou-se por não usar um personagem pelo fato de ter de criar animações

para cada iteração com o laboratório e para cada iteração com as peças anatômicas.

No lugar de um personagem foi adicionado um *Cube* (Cubo) com uma propriedade para o objeto do tipo *Dynamic*. Esta propriedade simula os efeitos de colisão, desta forma quando o personagem *Cube* colidir com outro objeto do cenário não poderá atravessá-lo, proporcionando um maior realismo. Para que o usuário não visualize o personagem *Cube* foi adicionado um *Actuators* do tipo *Visibility* deixando-o invisível.

Os movimentos do personagem foram atribuídos ao *Cube* com o uso de *Sensors* que são responsáveis em disparar os sinais quando alguma ação é realizada, podendo esta ação ser via teclado, *mouse* ou *joystick*. Neste caso a ação foi disparada quando pressionadas as seguintes teclas:

- *Up Arrow* - ↑ - movimentação para frente,
- *Down Arrow* - ↓ - movimentação para trás;
- *Right Arrow* - → - movimentação para direita;
- *Left Arrow* - ← - movimentação para esquerda.

Os *Controllers* captam os dados vindos dos *Sensors*, neste caso tem-se um do tipo Python que checa a entrada utilizando o Script *Controles.py* e atribui as teclas dos *Sensors* ao Script. Neste Script utilizado os métodos em Python executam as ações que fazem o personagem *Cube* movimentar. A Figura 13 segue com o trecho de código em Python que realiza a ação descrita acima e a Figura 14 mostra a programação usando os *Logic Bricks*.

```

1  #Script de movimentacao
2  #define o o tipo de Sensor que recebe a acao
3  cont = GameLogic.getCurrentController()
4  frente = cont.getSensor("frente")
5  tras = cont.getSensor("tras")
6  direita = cont.getSensor("direita")
7  esquerda = cont.getSensor("esquerda")
8
9  #define o Actuator que recebe a acao
10 Move = cont.getActuator("movimento")
11
12 #variaveis de velocidade

```

Figura 13 - Trecho de código em Python

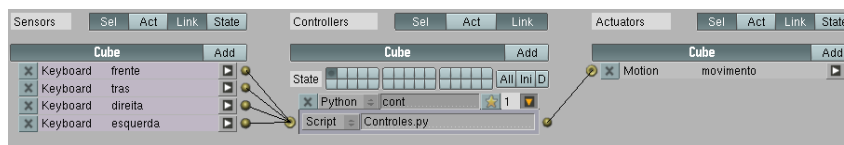


Figura 14 - Logic Bricks

Por fim o *Actuator* executa a ação, fazendo com que o personagem *Cube* se movimente pelo ambiente tridimensional.

A visão dentro do laboratório foi outro ponto importante a se considerar. Para o personagem *Cube* ter liberdade de movimentos foi utilizado um Script em Python para capturar movimentos do mouse na horizontal e vertical controlando as rotações da câmera. Foi implementado um *Logic Brick* que captura o movimento do mouse livremente, para isto foi utilizado um Script na câmera do Blender. Como a visão é em primeira pessoa, os movimentos do personagem *Cube* acompanham a movimentação da câmera. O campo de visão é delimitado pela capacidade de alcance do mouse. Na implementação foi utilizado um *Sensors* do tipo *Mouse* com o evento *Movement*, desta forma, quando é realizado um movimento com o *Mouse* o *Controller* captura a ordem vinda do *Sensor* e executa a ação definida pelo Script. Finalizada a parte de movimentação do personagem *Cube* se deu início a montagem da atividade utilizando as peças anatômicas, que foi possível devido a um recurso muito importante presente no Blender 3D que são as *Scenes* (Cenas).

O Blender 3D utiliza uma maneira interessante de organização de seus projetos que são as *Scenes* (Cenas). Quando o Blender é iniciado aquela tela padrão é a *Scene* (Cena) que pode ser vista na Figura 1. Este sistema de *Scenes* (Cenas) funciona de forma similar as abas dentro de um navegador da Internet, por exemplo, as abas podem estar vazias, mostrar conteúdos diferentes ou o mesmo conteúdo e é possível ter várias abas abertas. No Blender 3D, o sistema de *Scenes* (Cenas) funciona da mesma forma, ou seja, pode-se ter uma *Scene* (Cena) vazia, pode-se ter *Scene* (Cena) com vários

conteúdos ou o mesmo conteúdo e podem-se ter várias *Scenes* (Cena) em um mesmo projeto e ainda é possível conectar uma *Scene* (Cena) na outra por meio dos *Logic Bricks*. As *Scenes* (Cenas) são selecionadas ou criadas pelo *Scene Selector* que se localiza dentro do *Header* (cabeçalho), que pode ser visualizado na Figura 15.

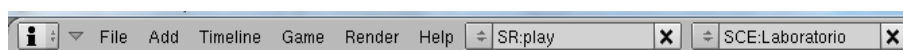


Figura 15 - Header Blender

Com a utilização deste sistema de *Scenes* (Cenas) é possível criar várias cenas e ligar uma a outra. Este procedimento foi necessário para cadastrar as atividades realizadas no laboratório em uma cena diferente da outra, desta forma ficando a programação mais organizada, permitindo adicionar novas funcionalidades em uma determinada cena sem que a mesma fique sobrecarregada com objetos. Para o desenvolvimento deste projeto foram desenvolvidas onze cenas que são:

- *Scene* Certo – esta cena entra sempre que a resposta para um teste for verdadeira;
- *Scene* cInicial – esta é a cena inicial de leitura do laboratório;
- *Scene* cInstrucoes – esta cena dá instruções gerais de como se movimentar pelo laboratório tridimensional;
- *Scene* cPrincipal – esta é a cena inicial do Laboratório que possui as seguintes opções: Ir para o laboratório (ao pressionar ENTER o usuário é redirecionado para o laboratório), Instruções (que dá instruções gerais de como se movimentar pelo laboratório) e Sobre (cena que contém informações sobre o desenvolvimento do laboratório tridimensional).
- *Scene* cSobre – cena que contém algumas informações sobre o desenvolvimento do laboratório tridimensional.

- *Scene* Errado – esta cena entra sempre que a resposta para um teste for falsa.
- *Scene* Laboratório – cena que carrega o laboratório de anatomia veterinária.
- *Scene* Osso1 – cena que carrega a peça anatômica que será estudada.
- *Scene* Osso1.2 – cena que carrega a mesma peça anatômica anterior porém com algumas modificações.
- *Scene* Osso2 – cena que carrega outra peça anatômica.
- *Scene* Ossoxxxx – cena que carrega as demais peças anatômicas.
- *Scene* Questões – contém as questões.
- *Scene* sAula 1 – contém a atividade da aula 1.
- *Scene* sAula 2 – contém a atividade da aula 2.
- *Scene* sAula 3 – contém a atividade da aula 3.

A Figura 16 ilustra o sistema de *Scenes* (Cenas) no Blender 3D.

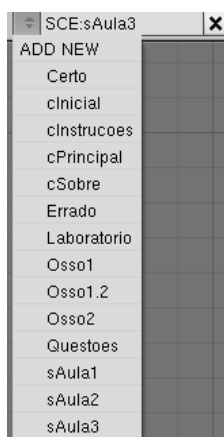


Figura 16 - Cenas do laboratório

Através da cena cInical a aplicação é iniciada, chegando a cena cPrincipal que possui as opções:

- Ir para o laboratório;

- Instruções;
- Sobre.

As opções, “Instruções” e “Sobre”, possuem informações sobre como se movimentar no laboratório e sobre as pessoas envolvidas no desenvolvimento. A opção “Ir para o laboratório” direciona o usuário para o laboratório tridimensional de anatomia. A Figura 17 ilustra a cena cPrincipal.



Figura 17 - Cena cPrincipal

Dentro do laboratório é possível caminhar como se estivesse no laboratório real, os modelos anatômicos só são carregados quando é selecionada uma atividade, estas foram desenvolvidas de acordo com as aulas práticas da disciplina e podem ser acessadas no quadro do laboratório como pode ser vista na Figura 18.

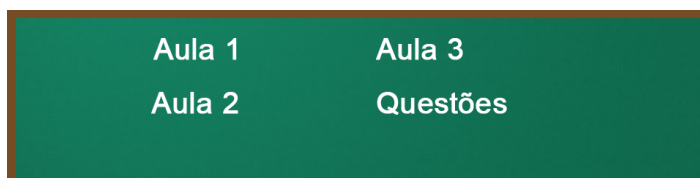


Figura 18 - Atividades cadastradas no quadro do laboratório

Foram implementadas um total de três aulas práticas com um total de treze peças anatômicas, além do campo Questões com perguntas sobre

cada peça. As aulas cadastradas no laboratório permitem aos usuários realizarem as seguintes funcionalidades:

- Visualizar a peça anatômica;
- Rotacioná-la em qualquer direção;
- Função Zoom (aumentar e diminuir) da peça.

Cada peça é dividida segundo as suas principais estruturas e quando o ponteiro do mouse é deixado em cima, aquela região apontada é iluminada e seu nome é indicado ao lado direito da tela como mostrado na Figura 19.

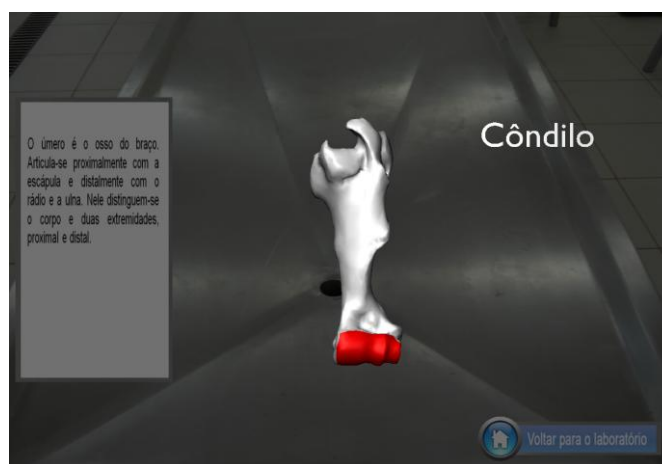


Figura 19 - Divisão da peça anatômica

A cena que contém a peça anatômica possui um campo com informações acerca da mesma, estas informações foram disponibilizadas com a ajuda do Professor Gregório Corrêa Guimarães e da aluna de graduação Gabriela Castro Lopes e podem ser vistas na figura 19. Para dividir as estruturas que compõem a peça anatômica também foi necessária a ajuda deles. Este procedimento foi necessário para assegurar que as peças estivessem corretamente divididas em relação a seus acidentes ósseos.

A implementação da cena Osso1 possui três objetos principais, são eles:

- Peça anatômica;
- Quadro com informações da peça;

- Botão que permite voltar para o laboratório.

O botão que permite voltar para o laboratório possui um *hiperlink* que volta para a cena laboratório e então o usuário tem a possibilidade de retornar na mesma peça anatômica, selecionar outra ou mudar de aula clicando no quadro e selecionando a aula desejada. Para ambos os botões foi utilizado somente os *Logic Bricks* do Blender 3D não sendo necessário o uso de Scripts.

A implementação da lógica que permite rotacionar a peça anatômica utiliza além dos *Logic Bricks* o Script que realiza a mudança de cor na peça. Esta foi uma das programações mais complexas para este trabalho, pois para cada uma das partes da peça anatômica está associada a um objeto, este que acende e apaga de acordo com o movimento do mouse.

Para esta implementação foi utilizado um *Sensors* do tipo *Mouse* com o evento *MouseOver* na peça anatômica, esta chamada de Osso.001. Este *Sensors* é disparado toda vez que o ponteiro do mouse fica sobre o objeto. Em seguida foi adicionado o *Controllers* para o Osso.001 do tipo Script, chamado de mudaCor.py que tem por objetivo mudar de cor toda vez que o ponteiro do mouse fica em cima. Então através do sensor *Mouse* o controlador executa a ação de mudar de cor através do Script mudaCor.py. Após esta etapa foi necessário utilizar um meio de ativar um texto informativo sobre a parte da estrutura anatômica juntamente com a mudança de cor, para que seja possível o usuário saber sobre qual parte ele está visualizando. A implementação dessa parte utilizando Logic Bricks foi como se segue: no *Sensors Mouse* do objeto Osso.001 saíram sensores, conectados em dois *Controllers* do objeto Texto1, o primeiro controlador deve ser do tipo AND e o segundo do tipo NAND. No objeto que será o texto informativo, aqui chamado de Texto1 terá dois *Actuators* do tipo *Visibility* e cada um dos controladores do Texto1 deve ser ligado em cada atuador do objeto Texto1. Com as portas lógicas AND e NAND foram possíveis fazer com que o objeto acendesse e ao mesmo tempo mostrasse o texto

informativo toda vez que o ponteiro do mouse estivesse sobre a peça anatômica, os controladores AND e NAND que são responsáveis em realizar a tarefa de acender e apagar o texto informativo. Este processo de implementação da peça anatômica foi estendido para as demais peças que compõem o laboratório de anatomia veterinária. A Figura 20 ilustra a implementação dos *Logic Bricks*.



Figura 20 - Implementação dos Logic Bricks

A implementação das questões foi realizada da seguinte maneira: para cada peça anatômica foi preparada uma questão, totalizando treze questões, já que treze peças foram selecionadas para montar a atividade avaliativa. O procedimento para implementação das questões contou com intercalação de *Scenes* (Cenas), para isso usando apenas *Logic Bricks* e algumas animações. A cena “Questões” possui as questões acerca de todas as peças anatômicas e funciona da seguinte maneira: uma tela inicial é dividida em quatro partes. O cabeçalho (1) que contém apenas o título “Questões”, (2) a parte imediatamente abaixo do cabeçalho que contém o número da questão a ser selecionada, (3) é a questão e (4) é a resposta. Esta divisão pode ser vista na Figura 21.

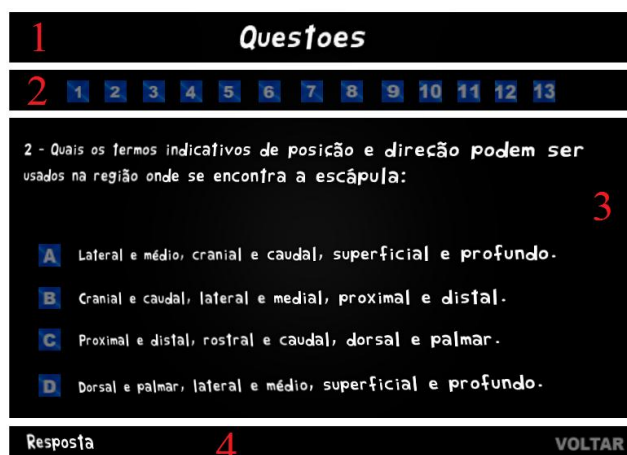


Figura 21 - Cena de questões

As alternativas se encontram em frente a cada resposta e ao clicar com o mouse sobre uma delas imediatamente a resposta é dada em (4).

Ao término da implementação da lógica das questões e das peças anatômicas foi iniciado o processo de conexão das *Scenes*. A sequência de conexão segue o seguinte formato:

- *Scene 1* Certo – está conectada as cenas Ossos₁, ... , Ossos_{n-1}, Ossos_n;
- *Scene 2* cInicial – vai automaticamente após o seu carregamento para a cena cPrincipal.
- *Scene 3* cInstrucoes – volta para a cena cPrincipal;
- *Scene 4* cPrincipal – muda para as cenas:
 - Laboratório;
 - cInstruções;
 - cSobre .
- *Scene 5* cSobre – cena volta para a cena cPrincipal.
- *Scene 6* Errado – esta cena volta para a cena que contém as perguntas, ex: Osso1.2.
- *Scene 7* Laboratório – muda para as cenas:
 - Osso1;

- Osso1.2;
- Ossos_{n-1}, Ossos_n;
- Questões;
- sAula 1;
- sAula 2;
- sAula 3.
- *Scene 8* Osso1 – muda para as cenas:
 - Osso1.2;
 - Laboratório.
- *Scene 9* Osso1.2 – muda para as cenas:
 - Laboratório.
- *Scene 10* Ossoxxxx – idem Osso1
- *Scene 11* Questões – muda para as questões.
- *Scene 12* sAula 1 – muda para a aula 1.
- *Scene 13* sAula 2 – muda para a aula 2.
- *Scene 14* sAula 3 – muda para a aula 3.

O grafo de cena da Figura 22 ilustra a conexão entre as cenas que interligam o laboratório de anatomia veterinária.

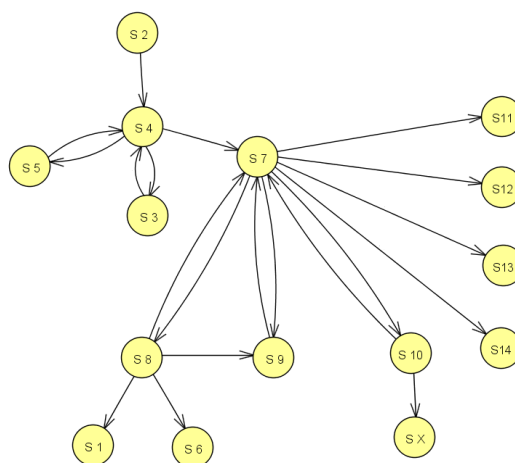


Figura 22 - Grafo de cena

Finalizando a etapa da programação lógica do laboratório tridimensional de anatomia se deu início à etapa de texturização e iluminação que serão descritas a seguir:

3.8. Texturização e Iluminação

A etapa de texturização consiste em adicionar uma camada adicional sobre o objeto para dar o aspecto realista. Esta fase foi à última a ser desenvolvida devido ao fato de ser mais complexa, pois para atingir algo o mais realista possível é necessário utilizar técnicas avançadas de texturização que demandam alto processamento gráfico computacional, o que inviabilizaria o uso em computadores de baixo processamento.

O ambiente tridimensional utiliza o recurso de GLSL para texturização e iluminação. Todas as texturas usadas utilizam a técnicas de *Normal Map*, que simula o relevo das superfícies dando uma sensação de profundidade.

Esta etapa de obtenção das imagens denominadas *Normals* se deu pelo uso do software CrazyBump. Este software possibilita a criação de mapas para serem utilizados no ambiente 3D. Na Figura 23 são mostradas a textura do piso que foi utilizado no chão e nas paredes do laboratório e também sua versão em *Normal Map* gerada pelo CrazyBump.

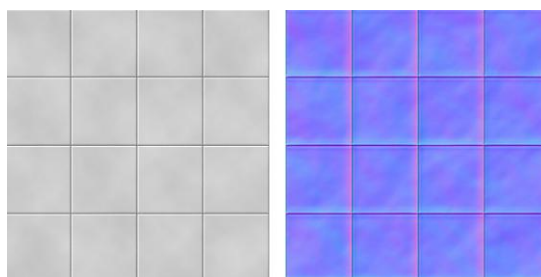


Figura 23 - Piso sem e com *Normal Map*

Ao finalizar a etapa de texturização foi iniciada a etapa de iluminação. A iluminação foi uma etapa muito importante, pois sem uma iluminação adequada os objetos que compõem a cena produziram efeitos pobres sem qualidade deixando o laboratório sem vida. Foi utilizado um sistema de lâmpadas do tipo *Lamp* presentes no Blender 3D juntamente com o sistema Blender GLSL Materials. A habilitação deste recurso foi crucial para obtenção de um ambiente bem iluminado. Terminada a etapa de iluminação se deu início a fase de testes. Os testes com o laboratório tridimensional foram realizados nos seguintes computadores:

- Dell com processador Intel® Core™ i7- 2670QM (3.1GHz, 6MB Cache, 8 Threads) e 6 GB de RAM, Placa de vídeo NVidia GeForce 525M e sistema operacional Windows 7 Professional 64 bits;
- PC com processador Intel® Core™ 2 CPU 6600 (2.4GHz, 4 MB de Cache) e 2 GB de memória RAM, Placa de vídeo ATI Radeon X 1950 e sistema operacional Windows 7 Ultimate 32 bits.
- PC com processador Intel® Pentium™ 4 (2,1 GHz, 1 MB de Cache) e 512 MB de RAM, sem placa de vídeo e sistema operacional Windows XP Professional.

No computador com processador Intel® Pentium™ 4, o software executou com extrema lentidão, não sendo possível executar a atividade para o qual se destina. Um dos fatores possíveis devido a lentidão é a pequena quantidade de memória e o processador apresentar somente um núcleo para o processamento. Nos outros dois computadores, a aplicação executou normalmente. Isto foi possível devido à quantidade de memória e aos processadores com mais de um núcleo para executar tarefas. A Figura 24 mostra o laboratório de anatomia texturizado.

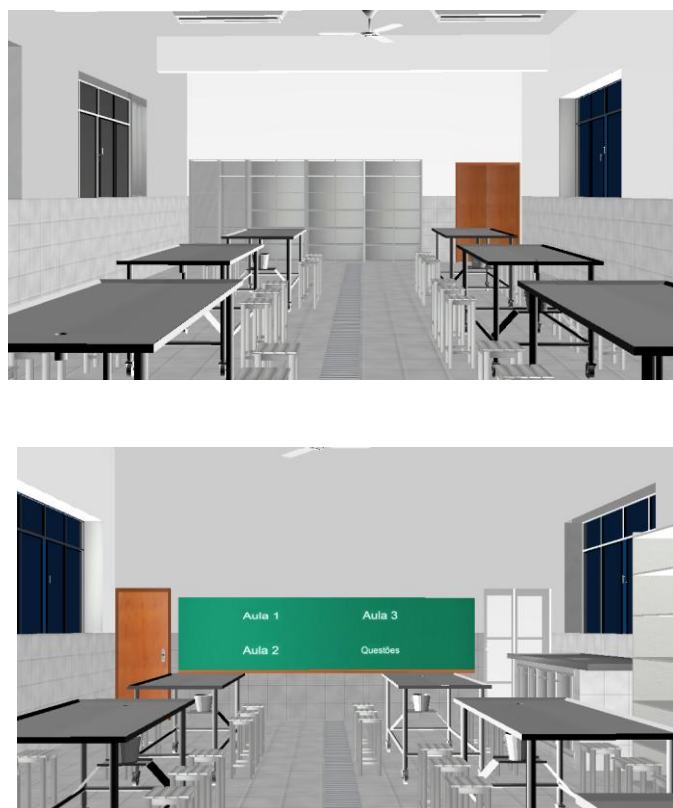


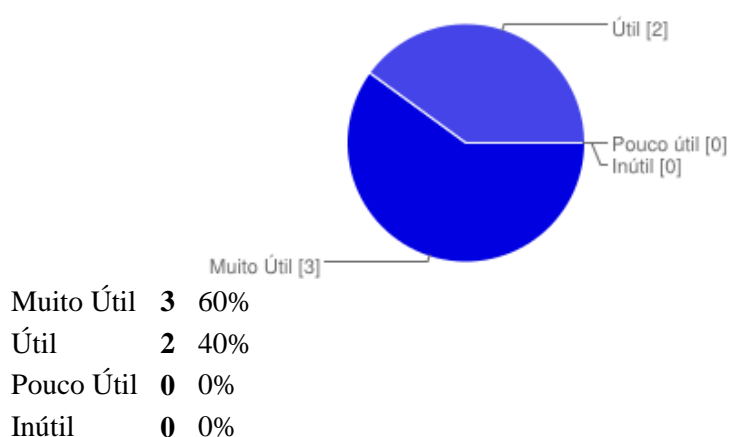
Figura 24 - Laboratório Texturizado

No próximo capítulo serão discutidos os resultados obtidos e no capítulo final serão apresentados a conclusão e trabalhos futuros.

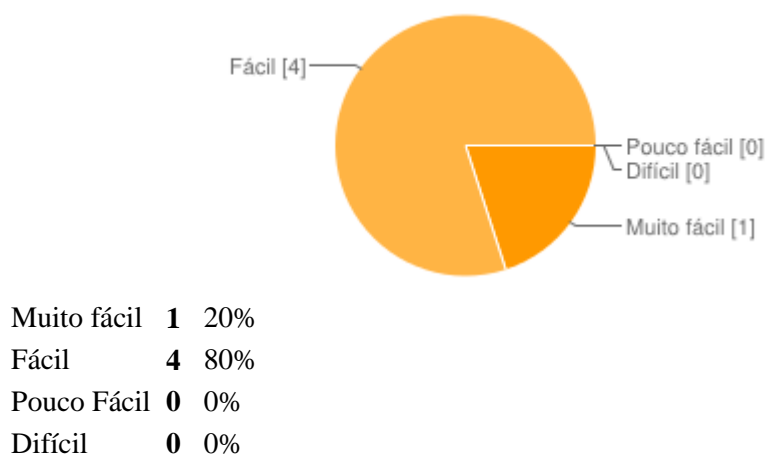
4. RESULTADOS DA PESQUISA DE OPINIÃO

A pesquisa de opinião contou com a participação de cinco estudantes do curso de medicina veterinária. O gráfico no formato pizza ilustra as respostas acerca de cada questão.

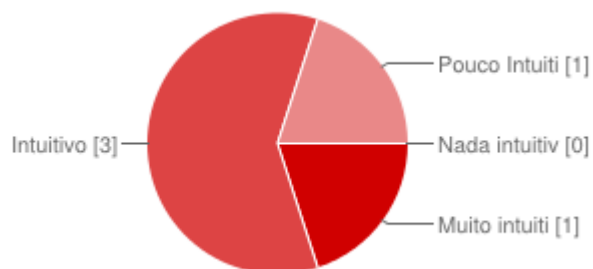
1. Em relação à finalidade a que se propõe:



2. Em relação ao uso:

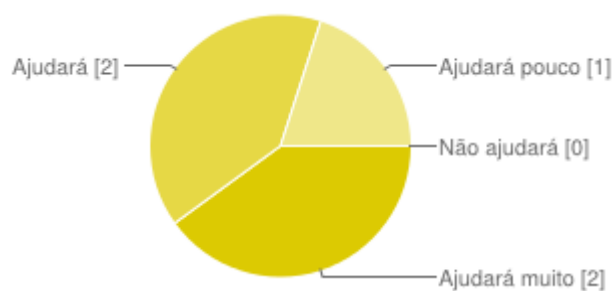


3. Em relação à interface:



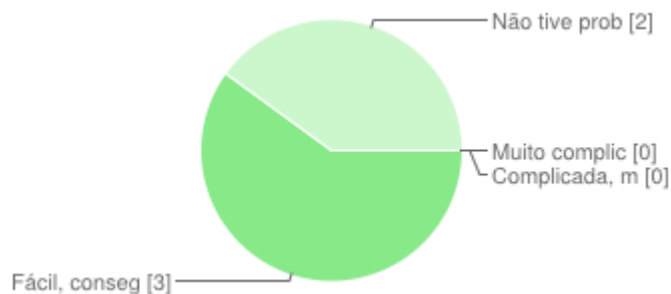
Muito intuitivo	1	20%
Intuitivo	3	60%
Pouco Intuitivo	1	20%
Nada intuitivo	0	0%

4. Em relação aos estudos:



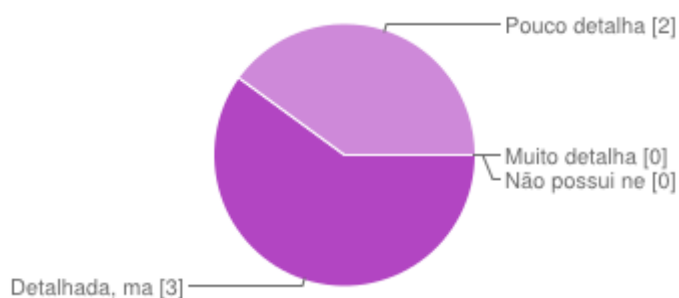
Ajudará muito	2	40%
Ajudará	2	40%
Ajudará pouco	1	20%
Não ajudará	0	0%

5. Em relação à navegação pelo ambiente tridimensional:



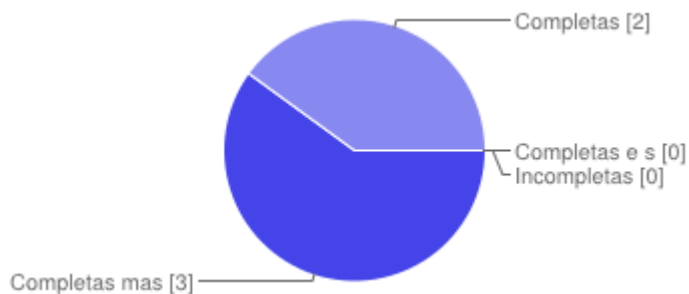
Muito complicada, não consegui me locomover	0	0%
Complicada, mas consegui me locomover	0	0%
Fácil, consegui me locomover	3	60%
Não tive problema algum	2	40%

6. Em relação às peças anatômicas:



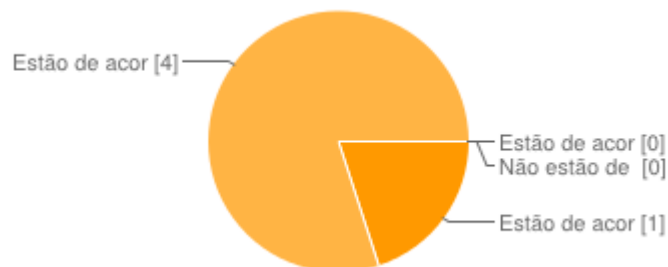
Muito detalhada, é possível identificar todas as estruturas presentes	0	0%
Detalhada, mas não foi possível identificar todas as estruturas	3	60%
Pouco detalhada, identifico somente algumas estruturas importantes	2	40%
Não possui nenhum detalhe que me permita identificar alguma estrutura	0	0%

7. Em relação às informações referentes a cada peça anatômica:



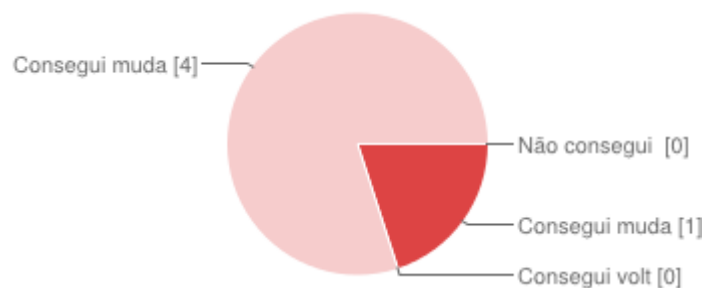
Completas e suficientes	0	0%
Completas mas insuficientes	3	60%
Completas	2	40%
Incompletas	0	0%

8. Em relação às atividades propostas:



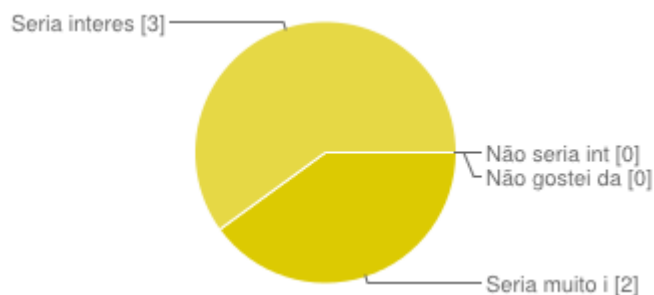
Estão de acordo com o visto em sala de aula e servirá muito para auxiliar aos meus estudos	1	20%
Estão de acordo com o visto em sala de aula e servirá para auxiliar meus estudos	4	80%
Estão de acordo com o visto em sala de aula e servirá pouco para auxiliar meus estudos	0	0%
Não estão de acordo com o visto em sala de aula e não servirá para auxiliar meus estudos	0	0%

9. Em relação à mudança entre as atividades de aulas práticas cadastradas:



Não consegui mudar de uma aula para outra	0	0%
Consegui mudar, mas não consegui voltar para a mesma aula	1	20%
Consegui voltar para uma aula, mas não consegui mudar	0	0%
Consegui mudar de aula e também voltar em qualquer aula	4	80%

10. Em relação a trabalhos futuros:



Seria muito interessante a continuação do trabalho com a adição de outras estruturas anatômicas	2	40%
Seria interessante a continuação do trabalho com a adição de outras estruturas anatômicas	3	60%
Não seria interessante a continuação do trabalho	0	0%
Não gostei da idéia	0	0%

5. RESULTADOS OBTIDOS

Como resultado obtido foi desenvolvida uma ferramenta tridimensional de baixo custo devido ao uso de softwares livres. O laboratório tridimensional atendeu a seus requisitos iniciais de desenvolvimento, pois auxiliará aos estudantes de medicina veterinária nos seus estudos. Foram inseridos nesse laboratório conceitos de Realidade Virtual que permitiram a imersão e interação do usuário em um ambiente virtual contribuindo desta forma como alternativa de estudo das estruturas anatômicas.

O laboratório virtual de anatomia oferece uma interface intuitiva e de fácil navegação, as informações textuais sobre as estruturas anatômicas visualizadas são disponibilizadas na tela quando uma estrutura é selecionada, o que possibilita assimilar os conceitos teóricos do objeto que está sendo visualizado e manipulado.

A interação com as peças anatômicas também é muito intuitiva, basta selecionar a aula desejada e então locomover até uma das mesas através do teclado e selecionar a peça anatômica com o mouse. As possibilidades ainda incluem: rotacionar, aplicar zoom, visualizar as camadas separadas por acidentes ósseos e ainda responder a um questionário. Muitos destes recursos presentes no laboratório virtual têm por objetivo disponibilizar uma ferramenta tridimensional para o estudo de anatomia veterinária que permita ao usuário visualizar e também interagir com as estruturas de modo realista como se o mesmo estivesse dentro do laboratório real contribuindo assim para uma aprendizagem mais agradável.

Todos os recursos utilizados para obter uma representação realista do laboratório como o uso de GLSL Material e o uso da técnica de *Normal Maps* podem ser utilizados em computadores convencionais sem comprometer o seu desempenho. Isso contribuiu positivamente ao

desenvolvimento desta ferramenta, pois possibilita que um número maior de estudantes possa ter acesso a ferramenta sem enfrentar problemas de processamento. Outro fator importante foi o uso de ferramentas de domínio público como o Blender 3D e o MeshLab que contribuíram para um custo razoável devido ao fato de serem softwares livres.

Por meio da pesquisa de opinião realizada foi constatado que o uso do laboratório tridimensional contribuirá positivamente para auxílio ao estudo da disciplina de anatomia veterinária possibilitando aos alunos uma forma de estudo diferente da tradicional mediada por meio de livros ou por atlas bidimensionais.

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que o uso de um laboratório virtual de anatomia foi satisfatório e que todos os resultados esperados com a sua implementação foram alcançados e ainda novos resultados serão alcançados com implementações futuras.

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Com os resultados obtidos, percebe-se a importância do uso de tecnologias digitais, em particular destacando o uso de Ambientes Virtuais, imersivos e interativos, desenvolvidos com o uso de Realidade Virtual, de forma a contribuir positivamente em auxiliar os estudantes do curso de medicina veterinária. Após a análise dos resultados, foi verificado que os principais conceitos das estruturas anatômicas em ambientes de realidade virtual, que possibilitaram aos alunos uma interatividade com os assuntos abordados nas aulas práticas, foram utilizados para compor uma ferramenta de aprendizagem de grande importância e ajuda. Portanto, concluiu-se que este tipo de auxílio tecnológico foi de extrema importância no processo de aprendizagem para os alunos de Medicina Veterinária. Notou-se que as experiências virtuais auxiliaram o aprendizado teórico em sala de aula e ainda os motivou pela aquisição de conhecimento.

Como trabalho futuro, propõe-se aumentar a quantidade de experimentos realizados no laboratório para então compor uma estrutura de banco de dados que possa ser utilizado em sala de aula, também comportar as demais subáreas de ensino em medicina veterinária e que esta ferramenta se torne cada vez mais um instrumento de estudo para os alunos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAI, X., FUSCO, D. Interdisciplinary Collaboration through Designing 3D Simulation Case Studies. *The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA)*, 2011.

COIMBRA, C. Scanner 3D. FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e Formador do CENFIM - Núcleo da Marinha Grande, 2009.

CUNHA, Í.L.L., MONTEIRO, B.S., MORAES, R.M., MACHADO, L.S.. *AnatomI 3D: Um Atlas Digital Baseado em Realidade Virtual para Ensino de Medicina*, Simpósio Brasileiro de Computação, p. 3-14, 2006.

FREITAS CMDS, MANSSOUR IH, NEDEL LP, GAVIÃO JK, PAIM MTC, MACIEL A. Framework para Construção de Pacientes Virtuais: Uma aplicação em Laparoscopia Virtual. *Proc. Symp. on Virtual Reality*, 2003. Ribeirão Preto, SBC. p. 283-294.

HOUNSELL, M. S.; SILVA, E. L.; MIRANDA, J. J. “Detalhando aspectos de educação e treinamento em ambientes virtuais 3D”. In: *International Conference on Engineering and Technology Education. INTERTECH*. p. 641-645. 2008-a.

LIMA, I.; HERMOSILLA, L.. Ferramenta didática para o ensino do desenvolvimento ósseo utilizando técnicas de realidade virtual. *Revista científica eletrônica de medicina veterinária – ISSN: 1679-7353. Ano VI – Número 10*. 2008.

MACHADO, L. S.; MORAES, R. M.; NUNES, F. L. S.; COSTA, R. M. E. M.. Serious Games Baseados em Realidade Virtual para Educação Médica. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 35, p. 254-262, 2011.

MAITEM, J., CABAUTAN, R., RABAGO, L., AND TANGUILIG III, B. Math world: A game-based 3D Virtual Learning Environment (3D VLE) for second graders. The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA), 2012.

MARTINES, R. S.; HERMOSILLA, L. G.; ferramenta de estudo do aparelho auditivo utilizando técnicas de realidade virtual. Revista científica eletrônica de medicina veterinária – ISSN: 1679-7353. Ano VI – Número 10. 2008.

MIYAMOTO, R. S.. Modelagem tridimensional com geometria construtiva de sólidos (CSG) para projetos de engenharia e arquitetura em sistemas CAD visando à portabilidade e estabilidade de objetos 3D. Maringá. 2008. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, São Paulo, 2008.

NUNES, E. P. S.; NUNES, F. L. S.; TORI, R.. Avaliação da Aquisição de Conhecimento em Ambientes Virtuais de Aprendizagem 3D para Treinamento Médico. Anais do XIII Workshop de Informática Médica - XXXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação 2011. v. 1. p. 1904-1913.

OLIVEIRA, G. T. M. C. A. ViMeT– Projeto E Implementação De Um Frameworkpara Aplicações De Treinamento Médico Usando Realidade Virtual. Marília, Dissertação de Mestrado. Área de Concentração: Realidade Virtual - Centro Universitário Eurípides de Marília - UNIVEM, 2007.

RAMOS, F. M.; NUNES, F. L. S.; BOTEGA, L. C.; DAMASCENO, E. ; PAVARINI, L.. Atlas Virtual da Mama e Fisiopatologia do Câncer de Mama utilizando Java3D, Workshop de Aplicações de Realidade Virtual, Uberlândia, 2005.

REVISTA PROCEDURAL, NÚMERO 1. [Online]. Python para Blender, pág. 35 a pág. 38. Disponível em: <<http://www.procedural.com.br/revista/>>. Acesso em: 05 de abril de 2013.

REVISTA PROCEDURAL, NÚMERO 2. [Online]. Criando apresentações com o Blender, pág. 39 a pág. 43. Disponível em: <<http://www.procedural.com.br/revista/>>. Acesso em: 05 de abril de 2013.

REVISTA PROCEDURAL, NÚMERO 3. [Online]. Dicas importantes para uma boa modelagem arquitetônica, pág. 43 a pág. 58, Animando em 2D, pág. 78 a pág. 88. Disponível em: <<http://www.procedural.com.br/revista/>>. Acesso em: 05 de abril de 2013.

REVISTA PROCEDURAL, NÚMERO 4. [Online]. Disponível em: <<http://www.procedural.com.br/revista/>>. Acesso em: 05 de abril de 2013.

REVISTA PROCEDURAL, NÚMERO 5. [Online]. Mapeamento UV - Nível básico, pág. 15 a pág. 19, Animando em 2D, pág. 78 a pág. 88. Disponível em: <<http://www.procedural.com.br/revista/>>. Acesso em: 05 de abril de 2013.

REVISTA PROCEDURAL, NÚMERO 6. [Online]. Radiosidade Low Poly, pág. 10 a pág. 15. Disponível em: <<http://www.procedural.com.br/revista/>>. Acesso em: 05 de abril de 2013.

REVISTA PROCEDURAL, NÚMERO 7. [Online]. Animação Antropomórfica, pág. 33 a pág. 39. Disponível em: <<http://www.procedural.com.br/revista/>>. Acesso em: 05 de abril de 2013.

REVISTA PROCEDURAL, NÚMERO 8. [Online]. Desenvolvimento de Games, pág. 18 a pág. 20, Criando uma cena animada com o Blender, pág. 28 a pág. 35, Efeito Câmera Tracking, pág. 54 a pág. 62. Disponível em: <<http://www.procedural.com.br/revista/>>. Acesso em: 05 de abril de 2013.

ROCHA, M. A. D.. Integração e Contextualização de Modelos 3D no Ensino da Área da Saúde. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Mestrado em Engenharia Informática Sistemas Gráficos e Multimédia, 2010.

ROJAS, A., GUTIÉRREZ, M., AND THALMANN, D.. Visual creation of inhabited 3D environments: An ontology-based approach. Journal The Visual Computer: International Journal of Computer Graphics. Volume 24 Issue 7, Pages 719-726, July 2008.

SILVA, A. D. D., COSTA, A. W. J., INGRACIO, P. T. P., OLIVEIRA, F. W. Realidade Virtual Aumentada Aplicada como Ferramenta de Apoio ao Ensino, Revista Tecnologias em Projeção, v. 2 n. 1 p. 11-15, 2011.

SOUZA, L. F. D., VALDECK, M. C., MORAIS, M. R., MACHADO, S. L. SITEG: Sistema Interativo de Treinamento em Exame Ginecológico, 2006.

TENÓRIO, A., MELLO, V. Suavização Anisotrópica de Curvas Poligonais e Malhas de Triângulos. The XXII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (Sibgrapi 2009), 2009.

TOLEDO, M.; HERMOSILLA, L.. ESGB – ferramenta para o estudo do sistema gástrico bovino utilizando técnicas de realidade virtual. Revista científica eletrônica de medicina veterinária – ISSN: 1679-7353. Ano VI – Número 10. 2008.

TOLEDO, M.; HERMOSILLA, L.. Sistema tridimensional visualizador de órgãos e detector de tumores. Revista científica eletrônica de medicina veterinária – ISSN: 1679-7353. Ano VI – Número 10. 2008.

8. GLOSSÁRIO

Avatar - figura semelhante ao usuário utilizada em ambientes virtuais.

Framework: conjunto de classes implementadas em uma linguagem específica, usadas para auxiliar o desenvolvimento de software.

Plugins: são programas que acrescentam funcionalidades a outros programas.

Renderizar: processo que se obtém uma imagem bidimensional a partir de um objeto tridimensional.

Shareware: programa disponibilizado gratuitamente, mas com limitações que podem ser em relação a tempo de uso ou restrições nas funcionalidades.

Texturizar: consiste em mapear imagens bidimensionais em superfícies tridimensionais.