



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Gabriel de Souza Prim

**Procedimentos de Digitalização de Ossos Humanos
para Aplicativos de Ensino em Anatomia**

Florianópolis
2020

Gabriel de Souza Prim

**Procedimentos de Digitalização de Ossos Humanos
para Aplicativos de Ensino em Anatomia**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Doutor em Design.
Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz Horn Vieira

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Prim, Gabriel de Souza
Procedimentos de Digitalização de Ossos Humanos para
Aplicativos de Ensino em Anatomia / Gabriel de Souza Prim
; orientador, Milton Luiz Horn Vieira, 2020.
137 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós
Graduação em Design, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Design. 2. Escaneamento 3D. 3. Ensino de Anatomia.
4. Anatomia Tridimensional. 5. Ossos 3D. I. Vieira, Milton
Luiz Horn. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Design. III. Título.

Gabriel de Souza Prim

**Procedimentos de Digitalização de Ossos Humanos
para Aplicativos de Ensino de Anatomia**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. João Eduardo Chagas Sobral
Universidade da Região de Joinville

Profa. Dra. Mônica Stein
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Ricardo Triska
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutor em Design.

Prof. Dr. Ricardo Triska
Coordenador do Programa

Prof. Dr. Milton Luiz Horn Vieira
Orientador(a)

Florianópolis, 2020.

Este trabalho é dedicado a todos que formaram a equipe de desenvolvimento e colaboraram com seu resultado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa.

Agradeço ao meu orientador, Professor Milton, e também à equipe do laboratório DesignLab, em especial Nicolas Canale Romeiro e Gabriela Zanella Leal pelo grande trabalho no decorrer de todo o processo de digitalização dos ossos reais e preparação dos modelos virtuais. Victor Nassar, Jonathan Ken Nishida e André Salomão pelo constante acompanhamento durante o desenvolvimento deste trabalho. Tainá Bueno, Luisa Costa e Cassiano Canhetti no desenvolvimento e fase de testes do aplicativo. Também agradeço a Daniel V. Campos e Pedro Menin.

Registro meus agradecimentos ao Departamento de Expressão Gráfica e ao Departamento de Ciências Morfológicas por me abrirem as portas para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço especialmente a Dr^a Rosane Porto Seleme Heinzen em incontáveis oportunidades que promoveu o andamento deste trabalho, Dr^o Hamilton Emídio Duarte por todo acompanhamento do projeto, Dr^a Ana Paula Marzagão Casadei na transferência de conceitos médicos e práticas no processo de ensino/aprendizagem em anatomia, Dr^a Leidiane Mazzardo Martins, Dr^a Carla Gabrielli e Dr^a Raquel Ghizzo de Souza por todo o auxílio com a condução dos conteúdos de anatomia e na condução da coleta de dados/questionário. Agradeço também aos técnicos em anatomia do departamento de ciências morfológicas da Universidade Federal de Santa Catarina, em especial ao Thiago Medeiros Rocha, por sua prestatividade na preparação das peças anatômicas para serem digitalizadas.

Por fim, deixo um agradecimento especial à minha família e à minha namorada Jéssica pelo apoio durante todo o percurso deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como tema de estudos a aplicação de princípios de design na criação de modelos tridimensionais de alta resolução, empregados em sistemas interativos para estudos em osteologia por alunos de ensino superior. O objetivo (geral) engloba o desenvolvimento de procedimentos para a digitalização em alta resolução de ossos humanos, para serem implementados em ambientes virtuais que promovam o processo de ensino/aprendizagem da identificação dos ossos humanos e de acidentes ósseos, para estudantes de graduação na área de saúde. Para isso, investigaram-se as dificuldades do estudo de anatomia, bem como seus materiais didáticos e sua relação com a tecnologia. Esta pesquisa trata da sistematização e execução de procedimentos caracterizados pela utilização da tecnologia de escaneamento 3D e de outros procedimentos complementares para tornar o modelo adequado para materiais interativos digitais. Ao aplicar os procedimentos propostos, formou-se um repositório completo de ossos humanos virtuais tridimensionais, o qual foi comparado visualmente com ossos virtuais criados por uma técnica utilizando imagens clínicas. Posteriormente, desenvolveu-se um ambiente gráfico imersivo para demonstração da viabilidade dos modelos gerados, e, a fim de averiguar a equivalência visual entre o osso digital e o osso real, aplicou-se uma pesquisa acerca da verossimilhança da aparência visual da representação virtual tridimensional com o osso real encontrado em laboratórios de anatomia. Os resultados obtidos foram positivos, o que apontou que os procedimentos desenvolvidos promovem efetiva equivalência visual dos ossos virtuais tridimensionais produzidos nesta pesquisa aos ossos reais, encontrados nos laboratórios de anatomia. Concluiu-se que os procedimentos adotados oferecem uma solução capaz de produzir modelos tridimensionais de ossos humanos de alta resolução.

Palavras-chave: Design. Escaneamento 3D. Ensino de Anatomia. Anatomia Tridimensional. Ossos 3D.

ABSTRACT

This work has as study theme the application of design principles in the creation of high resolution three-dimensional models, employed in interactive systems for osteology studies of higher education students. The (general) goal encompasses the development of procedures for the digitalization in high resolution of human bones, to be implemented in virtual environments which promote the teaching/learning process of identification of human bones and bone characteristics, for undergraduate students in the health area. For this, the difficulties in the study of anatomy were investigated, as well as its teaching materials and its relation with technology. This research deals with the systematization and execution of procedures characterized by the use of 3D scanning technology and other complementary procedures to make the model appropriate for digital interactive materials. By applying the proposed procedures, a complete repository of virtual three-dimensional human bones was formed; it was then visually compared to virtual bones created by a technique using clinical images. Subsequently, a graphic immersive environment for the demonstration of viability of the generated models was created, and, in order to verify the visual equivalence between the digital bone and the real bone, an investigation regarding the likelihood of the visual appearance of the three-dimensional virtual representation with the real bone found in anatomy laboratories was applied. The obtained results were positive, which indicated that the developed procedures promote effective visual equivalence of the three-dimensional virtual bones produced in this research to the real bones, found in anatomy laboratories. It follows that the adopted procedures offer a solution capable of producing high resolution three-dimensional models of human bones.

Keywords: Design. 3D Scanning. Anatomy Teaching. Three Dimensional Anatomy. 3D Bones.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ossos e modelos preparados para aula sobre esqueleto axial.	26
Figura 2 - Ossos para uso geral em laboratório de anatomia.	26
Figura 3 - Estudo de peças ósseas com apoio de atlas.	27
Figura 4 - Modelos Físicos de Material Sintético.	28
Figura 5 - The Body VR: Anatomy Viewer.	37
Figura 6 - 3D Organon Anatomy.	38
Figura 7 - Imagens de aplicativos móveis para estudo em anatomia.	39
Figura 8 - Escâner ATOS Compact Scan 5M.	42
Figura 9 - Digitalização de um fêmur utilizando, à esquerda, o conjunto de lentes de 500mm e adesivos de 3mm, e à direita, o conjunto de lentes de 150mm e adesivos de 0,8mm.	44
Figura 10 - Digitalização de um fêmur, evidenciando a visão da cabeça, utilizando o conjunto de lentes de 500m e adesivos de 3mm (osso superior na imagem) e o conjunto de lentes de 150mm e adesivos de 0,8mm (osso inferior).	45
Figura 11 - Digitalização de um fêmur, em posição inversa, utilizando o conjunto de lentes de 500m e adesivos de 3mm (osso à esquerda) e o conjunto de lentes de 150mm e adesivos de 0,8mm (osso à direita).	46
Figura 12 – Osso calcâneo com adesivos de 0,8mm.	47
Figura 13 - Membro inferior articulado preparado para digitalização em 3D, utilizado como referência.	48
Figura 14 - Mapa Difuso do Osso Calcâneo.	52
Figura 15 - Mapa Especular do Osso Calcâneo.	53
Figura 16 - Mapa Normal do Osso Calcâneo.	54
Figura 17 - Paleta de Cores Utilizada Para Pintura Digital.	55
Figura 18 – Detalhe da Tíbia durante o processo de pintura digital do mapa difuso aplicado ao modelo. Modelo sem mapa (A), adição da primeira camada de cor clara (B) e adição da segunda camada com detalhes mais escuros (C).	55
Figura 19 – Detalhe do Processo de Render da Superfície da Tíbia. Modelo sem mapas (A), adição do mapa normal (B), adição do mapa especular (C) e adição do mapa difuso (D).	56
Figura 20 - Câmera Sony Alpha 850 DSLR equipada com lente 70-300mm.	57

Figura 21 - Estante no Laboratório de anatomia de onde foram selecionadas as primeiras peças para digitalização.....	60
Figura 22 - Fotos obtidas de ângulos ortogonais de uma Falange Média do dedo V do membro inferior direito.	61
Figura 23 - Comparativo do Osso Calcâneo Virtual Tridimensional produzido com os procedimentos desta pesquisa (à esquerda) com o osso do repositório BodyParts (à direita).....	62
Figura 24 - Comparativo do Osso Fêmur Virtual Tridimensional produzido com os procedimentos desta pesquisa (à esquerda) com o osso do repositório BodyParts (à direita).....	63
Figura 25 - Comparativo do Osso do Quadril Virtual Tridimensional produzido com os procedimentos desta pesquisa (à esquerda) com o osso do repositório BodyParts (à direita).....	63
Figura 26 - Diretrizes de Projeto de Design para <i>Games</i>	65
Figura 27 - O processo de design e desenvolvimento de <i>serious games</i> para saúde.	66
Figura 28 - Exemplo de Blueprint na <i>Unreal Engine</i>	70
Figura 29 – Primeiro Mapeamento da Experiência do Usuário.....	73
Figura 30 - Segundo Mapeamento da Experiência do Usuário.	74
Figura 31 - <i>Wireframe</i> dos Menus do Aplicativo. Produzido por Luisa Costa.	75
Figura 32 - <i>Wireframe</i> Interface para Osso Calcâneo. Produzido por Luisa Costa. ..	76
Figura 33 - <i>Wireframe</i> da Interface para as Atividades. Produzido por Luisa Costa.	77
Figura 34 - Primeiro Protótipo da Tela de Atlas do Osso Calcâneo.	79
Figura 35 - Protótipo do Modo Atividades do Membro Inferior.	80
Figura 36 - Interface do Protótipo Interativo do Osso Calcâneo.	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Testes de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov com as correções de Lilliefors.	84
Tabela 2 - Estatística Descritiva das Questões Relacionadas à Qualidade do Osso Tridimensional Virtual.	87
Tabela 3 - Estatística Descritiva das Questões Relacionadas à Interface.....	88

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	Objetivo Geral	19
1.1.2	Objetivos Específicos	19
1.2	JUSTIFICATIVA	19
1.3	DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	21
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	ESTUDO DE ANATOMIA ÓSSEA (OSTEOLOGIA).....	24
2.1.1	Recursos Digitais no Ensino de Anatomia	29
2.2	DIGITALIZAÇÃO DE PEÇAS ANATÔMICAS	30
2.2.1	Fotogrametria	31
2.2.2	Videogrametria	32
2.2.3	Digitalização por Imagens Clínicas	33
2.2.4	Escâner 3D	35
2.3	AMBIENTES DIGITAIS PARA ESTUDO DE ANATOMIA	36
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
3.1	PROCEDIMENTOS EM DIGITALIZAÇÃO DE OSSOS HUMANOS.....	41
3.1.1	Digitalização do Objeto Real.....	42
3.1.2	Refinamento	48
3.1.3	Tratamento dos Ossos 3D para Ambientes Virtuais	49
3.1.4	Classificação.....	50
3.1.5	Render da Superfície	51
3.1.6	Procedimento Complementar de Digitalização	57
4	RESULTADOS	59

4.1	REPOSITÓRIO DE OSSOS VIRTUAIS 3D.....	59
4.2	COMPARATIVO DE RESULTADOS	61
4.3	DESIGN DE UM AMBIENTE VIRTUAL	64
4.4	DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS	67
4.4.1	Escolha da <i>Engine</i> em Relação ao Dispositivo	68
4.4.2	Fidelidade e Performance.....	68
4.4.3	Programação dos jogos.....	69
4.5	FORMAÇÃO DA EQUIPE	70
4.6	TRANSFERÊNCIA DE CONCEITOS MÉDICOS.....	71
4.7	PRODUÇÃO DE CONTEÚDO.....	71
4.8	MAPEAMENTO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO.....	72
4.9	WIREFRAMES	75
4.10	PROTÓTIPOS.....	77
4.11	PROTÓTIPO INTERATIVO.....	80
4.12	FASE DE TESTES	81
4.12.1	Análise de Dados e Discussões	83
4.13	ENTREGA DO PRODUTO FINAL	89
5	CONCLUSÕES.....	90
5.1	TRABALHOS FUTUROS.....	93
	REFERÊNCIAS.....	95
	APÊNDICE A – Primeiro documento de design: Game Overview Document (GOD).....	101
	APÊNDICE B – Segundo documento de design: Game Design Document (GDD).....	107
	APÊNDICE C – Tabela dos trabalhos selecionados durante a pesquisa para formação de referencial bibliográfico.	131
	APÊNDICE D – Questionário.....	132

ANEXO A – Parecer consubstanciado do comitê de ética em pesquisa com seres humanos referente ao projeto	134
ANEXO B – Declaração de anuência do coordenador do curso de graduação em medicina da Universidade Federal de Santa Catarina	137

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa exploratória esclarece e desenvolve procedimentos de digitalização de ossos humanos tendo em vista o processo de ensino/aprendizagem da identificação de ossos humanos e de acidentes ósseos.

O ensino tradicional de anatomia nos cursos superiores em saúde ocorre por meio de aulas teóricas predominantemente expositivas, seguidas de aulas práticas em laboratório anatômico (ARAÚJO JUNIOR ET AL., 2014). Assim, o contexto do estudo de anatomia é, de modo geral, inerente à interação do estudante com peças cadavéricas encontradas em laboratórios de anatomia (anatômico), geralmente encontrados nas faculdades da área da saúde na área da saúde.

O objetivo das aulas expositivas é o de fornecer ao aluno conceitos sobre determinado tema anatômico, efetivado por meio de apresentação de figuras e de vídeos, além do direcionamento de estudos em livros atlas e textos. Já as aulas práticas com peças cadavéricas objetivam favorecer a visualização tridimensional da forma e a percepção de sua organização e textura. O cadáver íntegro promove a visão espacial do corpo humano, favorecendo o aprendizado preciso da localização dos órgãos e suas relações com as demais estruturas e superfície corporal (ARAÚJO JUNIOR ET AL., 2014).

Descrevendo de forma mais específica: o estudo em sala se baseia em um reconhecimento das estruturas comumente feito pela comparação entre o livro e o osso, fato que exige uma visão espacial, tornando o estudo árduo, demorado e pesaroso. O estudo de anatomia óssea se inicia com a apresentação dos ossos, bem como o detalhamento dos acidentes ósseos. Como “acidentes ósseos” são consideradas as saliências, aberturas e depressões (FILHO & PEREIRA, 2015). Estes são importantes, pois servem de ponto de referência para exame clínico e intervenções cirúrgicas.

O ensino da anatomia é repleto de obstáculos para a aprendizagem efetiva. Os conteúdos apresentam grande número de estruturas, com nomes incomuns e de intrincada compreensão, despertando nos estudantes sentimento de impotência e desânimo (SALBEGO, OLIVEIRA, SILVA, & BUGANÇA, 2015). Por isso, as aulas em laboratório de anatomia são indispensáveis.

No que se refere às aulas práticas de laboratório com peças cadavéricas, é de longa data a preocupação com a dificuldade dos alunos com a prática. Os estudantes podem, por exemplo, encontrar dificuldades para relacionar as imagens bidimensionais dos livros com o volume tridimensional das peças cadavéricas, pois os alunos precisam visualizar as estruturas dos mais variados ângulos para o entendimento de aspectos funcionais da anatomia humana (AZER & AZER, 2016). Moraes; Schwingel; Silva Júnior (2016) também relatam, em concordância com Melo e Pinheiro (2009), a dificuldade de memorização dos inúmeros acidentes ósseos e a grande complexidade de nomenclaturas como uma preocupação no ensino de anatomia, fazendo necessário o desenvolvimento de novos materiais para ambientes de ensino-aprendizagem em anatomia humana.

A crescente oferta de cursos superiores da área no Brasil não é acompanhada por uma quantidade satisfatória de cadáveres para condução das aulas e para a prática da dissecação por parte dos alunos. Mesmo sendo de grande importância, oferecer um número satisfatório de peças anatômicas aos alunos é tarefa de grande complexidade. Citamos um caso, para exemplificar: em visita ao laboratório de anatomia na Universidade Federal de Santa Catarina, nos foi informado que o laboratório atende cerca de 1.100 alunos de 10 cursos de graduação. Ressaltamos assim as dificuldades relatadas com a superpopulação de alunos. Além disso, a interação dos alunos com as peças cadavéricas promove, em qualquer laboratório, a destruição de estruturas anatômicas, como nos esclarecem Murgitroyd et al. (2015). Cabe também mencionar as dificuldades legais na obtenção de peças cadavéricas. Devemos reportar ainda os estudos de Fornaziero e Rodrigues (2003), que mostram que 5% dos discentes que trabalham com cadáveres relatam distúrbios provenientes do contato, como pesadelos, insônia, depressão, entre outros. Alguns veem a peça cadavérica como ferramenta de estudo, enquanto outros enxergam como seu próprio futuro. Ainda acrescentam Fornaziero e Rodrigues (2003) que os cadáveres podem provocar ansiedade e repulsa visual, e que o pensamento de morte juntamente com o cheiro do conservante empregado pode repelir o estudante. Por esses motivos, em muitos cursos, a quantidade de horas destinadas a aulas práticas para ensino de anatomia passa por uma redução, gerando a busca por novas estratégias para auxiliar no ensino de anatomia (MORO, ŠTROMBERGA, RAIKOS, & STIRLING, 2017) (AZER & AZER, 2016).

Os Laboratórios de Anatomia são ainda locais insalubres, por conta da inalação de conservantes, mas imprescindíveis ao aprendizado, como apontamos, o que nos faz refletir sobre formas de não substituir, de modo ideal, mas complementar o ensino/aprendizagem os alunos.

Diante deste contexto, o potencial de ferramentas digitais para auxílio no ensino superior é tema de pesquisas científicas nos últimos anos. O uso de aplicativos digitais com modelos anatômicos tridimensionais, como os *games*, para ensino pode promover a motivação e o engajamento dos alunos empregando uma abordagem que complementa o ensino tradicional utilizando recursos como pontuações, medalhas, placares e gráficos (SUBHASH & CUDNEY, 2018) (ZILVERSCHOON, VINCKEN, & BLEYS, 2017) (CLARKE, KURESHI, HONG, SADEGHI, & D'ARCY, 2016) (BRAD & JIM, 2005). Dentre estes, temos o *Serious game*, definido como uma aplicação de computador, com ou sem *hardware* específico, que possui em seu design um objetivo claro, e é divertido e engajador. Este incorpora pontuações e fornece habilidades, conhecimentos e decisões úteis para a realidade (BERGERON, 2006), além de promover o aprendizado focado no objetivo (KIILI & LAINEMA, 2008). A utilização de *serious games* tornou-se componente de grande importância no ensino em saúde por promover o desenvolvimento do conhecimento e de habilidades relacionadas (TAN ET AL., 2017). Além de manter o usuário motivado e engajado, os *serious games* destinados à área de saúde precisam de um design complexo envolvendo medicina, educação e tecnologia, com abordagem dos termos clínicos e linguagem usada no âmbito profissional (OLSZEWSKI & WOLBRINK, 2017).

Atualmente, o uso de modelos anatômicos tridimensionais (3D) é onipresente na educação na área da saúde (FREDIEU, KERBO, HERRON, KLATTE, & COOKE, 2015). Ao se propor a utilização de modelos anatômicos virtuais, há de se considerar se a abordagem de equivalência visual entre o digital e o real é contemplada na composição do produto (ANDRADE, 2015). Ou seja, há uma preocupação com a correspondência da aparência visual da representação virtual tridimensional com o osso real (verossimilhança) encontrado em laboratório de anatomia.

Considerando as dificuldades naturais de uma disciplina geralmente alocada nas grades curriculares nos primeiros períodos da graduação, a não-equivalência torna-se

empecilho para aquisição do conteúdo, o que pode resultar no desinteresse do discente (ARAÚJO JUNIOR ET AL., 2014).

Modelos 3D digitais de estruturas anatômicas podem ser acessados em um computador, por meio de aplicativos móveis ou através de estações de trabalho interativas independentes. A disponibilidade de materiais virtuais de apoio dentro do laboratório de anatomia reduz a necessidade de modelos anatômicos físicos ou até de atlas impressos, além de poder facilitar o ensino quando utilizado em conjunto com a prática em mesa de dissecação (FREDIEU ET AL., 2015). Há de se refletir, porém, se os aplicativos são ferramentas criadas com rigor de conteúdo, capazes de se inserirem na gama de alternativas para mediação do ensino de anatomia (ANDRADE, VIEIRA, & GONÇALVES, 2014).

Com os procedimentos adequados, educadores e instituições podem produzir seus próprios modelos virtuais 3D, podendo recorrer a utilização de repositórios de modelos como alternativa para redução de custos (FREDIEU ET AL., 2015). Os procedimentos que serão descritos neste trabalho tratam de uma sequência de etapas vinculadas a geração de modelos tridimensionais de alta resolução destinados a ambientes virtuais de ensino/aprendizagem em anatomia.

Aponta-se que objetos tridimensionais devem ter boa definição para servir como um recurso que permite uma utilização proveitosa e agradável (MONTEIRO & VALDEK, 2006). Os *games* e outros aplicativos digitais disponíveis atualmente carecem do detalhamento necessário, não sendo, por conta disso, uma opção satisfatória para sala de aula ou estudo em laboratório.

Diante do número crescente de instituições de ensino no Brasil, acredita-se haver possibilidades e necessidades de complementação das práticas pedagógicas para estudo de anatomia, visto que o processo ensino-aprendizagem deve ser condizente com a realidade que o aluno vivencia no seu cotidiano. A associação de programas de computador com os trabalhos práticos é uma opção que vislumbra melhorar o conhecimento teórico dos temas morfológicos.

Observando os diferentes tipos de materiais didáticos disponíveis, nos perguntamos: como o design e a tecnologia podem promover o desenvolvimento de materiais de estudo em anatomia que se diferenciem pela verossimilhança com peças cadavéricas?

1.1 OBJETIVOS

Apresentamos os objetivos deste trabalho a seguir:

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver procedimentos de digitalização em alta resolução de ossos humanos para implementação em ambientes virtuais que promovam, com definição suficiente para estudantes de graduação na área da saúde, o ensino/aprendizagem da identificação dos ossos humanos e de acidentes ósseos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver ambiente virtual para uso dos modelos tridimensionais gerados em ambiente virtual com funcionalidades de exploração virtual.

1.2 JUSTIFICATIVA

Podemos confirmar a importância deste trabalho topicalizando a sua relevância social, a sua não-trivialidade, o seu ineditismo e sua adequação ao programa de pós-graduação.

A relevância social desta pesquisa é baseada na qualificação dos procedimentos de digitalização de ossos humano reais. A reflexão acerca da evolução de produtos para dar suporte ao ensino de anatomia permeia a correlação entre semelhança visual de representações com uma peça cadavérica real e na facilidade de identificação de partes retratadas na representação de acordo com a exposição da peça real (ANDRADE, 2015).

Por tratar-se de um procedimento de criação de objetos virtuais com alta fidelidade aos objetos reais, este procedimento está relacionado ao desenvolvimento acadêmico de estudantes ao contribuir com o desenvolvimento de ambientes que visam o aperfeiçoamento profissional e o estudo fora da sala de aula em complementação ao ensino tradicional, estendendo-se

também aos casos em que os estudantes que não podem frequentar o laboratório de anatomia, a exemplo das gestantes¹. O cenário de diminuição da oferta de cadáveres pode ser observado como fator que reforça a relevância social de pesquisas que exploram novas possibilidades na área de interesse do processo de ensino/aprendizagem em anatomia. O procedimento pode tornar-se um recurso para o desenvolvimento de ambientes virtuais para a diminuição da dependência de visitas a laboratórios de anatomia e/ou um recurso para alimentar futuros aplicativos que promovam o acesso à informação. Enquanto na produção das ilustrações encontradas em livros-atlas há necessidade de equilíbrio entre complexidade e simplificação (NETTER, 2000), os ambientes virtuais, como os aplicativos, permitem mais recursos para o gerenciamento de como a informação será apresentada ao estudante.

Os estudos de Annetta et al. (2009), Sun; Gao (2016) e Gorbanev et al. (2018) apontam que, apesar de não haver evidência de que alunos utilizando ambientes virtuais (aplicativos, jogos digitais, etc) tenham vantagem no processo cognitivo de entendimento de conceitos, estes ambientes podem ser mais engajadores, atraentes e podem evitar distrações do aluno. A não-trivialidade desta pesquisa é notada nas discussões e reflexões sobre a adequação e a verossimilhança de modelos tridimensionais utilizados em aplicativos de anatomia. Ressalta-se que o uso destes recursos possuem potencial para trazer benefícios para o ensino médico, porém os recursos apresentados pelos aplicativos atuais não exploram qualidades tecnológicas capazes de proporcionar o devido apoio ao ensino presencial ou remoto (ANDRADE ET AL., 2014) (ANDRADE, 2015).

Cabe também falar sobre o ineditismo deste trabalho. Considerando o objetivo deste trabalho, os procedimentos propostos acompanham a evolução tecnológica em digitalização de objetos para desenvolvimento de modelos virtuais, a serem armazenados em um repositório de ossos virtuais 3D próprio para as necessidades dos estudantes do ensino superior, observando viabilidade técnica para inserção em ambientes virtuais interativos, independente de uma plataforma de *software* específica. Como será exposto no decorrer deste trabalho, observa-se nos materiais já existentes a baixa qualidade, e por implicação sua ineficiência na tarefa de complementar ou de potencializar as aulas de anatomia óssea. O objetivo deste trabalho,

¹ Estudantes grávidas são responsáveis por discutir, com o seu médico, a sua permissão para comparecimentos nos laboratórios de anatomia (Anatomia/USP, 2012).

portanto, está alinhado com a necessidade de modelos virtuais verossimilhantes em ambientes virtuais de ensino/estudo. Portanto, o ineditismo da presente pesquisa se justificará pelos novos procedimentos para digitalização de ossos humanos em alta resolução resultando na verossimilhança dos ossos virtuais adequados ao ensino/aprendizagem.

Diante das especificidades técnicas que serão apresentadas neste trabalho, a tecnologia do escaneamento em três dimensões com alta resolução permite a criação de modelos tridimensionais de confiabilidade superior àqueles encontrados atualmente no mercado.

Para demonstrar a viabilidade de uso dos ossos virtuais tridimensionais produzidos pelos procedimentos descritos neste trabalho, foi elaborado um ambiente virtual interativo e inédito como um subproduto deste trabalho. Desenvolvido na forma de aplicativo de computador, o ambiente virtual elaborado permite ao usuário interagir com as peças ósseas em atividades de exploração tridimensional.

Ressalta-se, por fim, a aderência desta pesquisa ao programa de pós-graduação e ao professor orientador, pelo foco da pesquisa em mídia, tecnologia e inovação, mas também a potência de impacto nas perspectivas das técnicas didático-pedagógicas empregadas no ensino de disciplinas correlacionadas com a área da saúde e de outras áreas de conhecimento.

1.3 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Há uma grande diversidade de sistemas e tecidos no organismo humano, e com toda a complexidade do corpo humano, este trabalho se limitará apenas a procedimentos de digitalização do sistema ósseo. Os procedimentos serão aplicados em todos os ossos de um corpo humano, formando um repositório de ossos virtuais 3D de um esqueleto completo apropriado para inserção em ambientes virtuais.

Devido às limitações da tecnologia de escaneamento tridimensional e, principalmente, as lentes disponíveis para a aplicação dos procedimentos desenvolvidos nesta pesquisa, os menores ossos do sistema esquelético foram digitalizados com o uso de técnica de modelagem tridimensional com o auxílio de fotos ortográficas, com a finalidade de ter um repositório completo de ossos virtuais tridimensionais.

Os procedimentos descritos nesta pesquisa não visam substituir métodos existentes em digitalização de ossos humanos, mas sim apresentar uma nova estratégia, com potencialidades que os demais procedimentos não possuem.

O presente trabalho não visa responder acerca de fatores que afetam o aprendizado em anatomia utilizando modelos tridimensionais, como os diferentes estilos de estudo dos estudantes e os impactos da utilização de modelos tridimensionais como ferramenta de apoio em médio e longo prazo (AZER & AZER, 2016).

Desenvolvemos um ambiente virtual como ferramenta de visualização de resultado da aplicação do procedimento. Este será limitado ao membro inferior do corpo humano, para demonstrar a viabilidade de aplicação do repositório criado pelos procedimentos apontados por este trabalho.

O aplicativo não se propõe a substituir outras práticas e materiais didáticos nem visa diminuir a importância do professor e das instituições de ensino superior. Queremos desde já deixar claro que este trabalho não pretende colaborar com a substituição das aulas práticas de laboratório, visto que na anatomia a observação e o estudo direto das estruturas são considerados condições fundamentais ao aprendizado (FORNAZIERO & RODRIGUES, 2003), mas sim colaborar com a criação de repositórios de ossos virtuais tridimensionais viáveis para serem utilizados no desenvolvimento de recursos didáticos e para potencializar o ensino/aprendizagem ao promover o acesso à informação.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este documento está organizado de forma a primeiramente estabelecer um embasamento teórico para em seguida argumentar sobre os equipamentos e procedimentos metodológicos adotados.

Dito de forma mais detalhada, o capítulo 2 apresenta uma fundamentação teórica, na qual serão apresentados o contexto e os conceitos que permeiam o estudo da anatomia humana, a digitalização de peças anatômicas e a disponibilização destas em ambientes virtuais.

Em seguida, capítulo 3 apresenta os procedimentos de digitalização propostos neste trabalho e os equipamentos empregados no decorrer desta pesquisa

O capítulo 4 apresenta a aplicação dos procedimentos de digitalização propostos, resultando em um repositório de ossos virtuais, que demonstra a viabilidade da proposta e apresenta comparações visuais dos modelos resultantes da aplicação dos procedimentos propostos com o resultado de digitalização utilizando imagens clínicas. Este capítulo ainda aborda o design de ambiente virtual destinado a observar a percepção do usuário final quanto a correspondência na aparência visual da representação virtual tridimensional com o osso real (verossimilhança).

Por fim, o capítulo 5 aborda as conclusões da presente pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que possamos alcançar os objetivos deste trabalho e pôr em prática o procedimento adotado, apresentamos nesta seção: 1. o estudo de anatomia dos ossos, 2. conceitos que envolvem o contexto de digitalização 3D de peças anatômicas, e 3. ambientes digitais presentes no mercado para auxílio no estudo da área.

2.1 ESTUDO DE ANATOMIA ÓSSEA (OSTEOLOGIA)

A Anatomia é disciplina introdutória do currículo de todos os cursos da área da saúde e é considerada vital no currículo dos cursos superiores em saúde, e não apenas no que tange ao campo cirúrgico (SUGAND, ABRAHAMS, & KHURANA, 2010) (KUGELMANN ET AL., 2018) (MITROUSIAS ET AL., 2018).

O ensino tradicional desta disciplina para os cursos de saúde ocorre por meio de aulas teóricas, que, apoiadas por fotografias, ilustrações e animações computadorizadas, tem a finalidade de discutir as estruturas e suas funções. Sugand et al. (2010) recomenda que os alunos utilizem materiais de apoio para consolidação e revisão do conteúdo. Em seguida, as universidades utilizam diferentes materiais e estratégias para completar o processo de aprendizado.

O estudo de anatomia óssea é tradicionalmente aplicado em laboratórios de anatomia — instalações apropriadas para o armazenamento de peças cadavéricas destinadas ao ensino e ao estudo. Embora os cadáveres constituam o melhor material de ensino de anatomia para estudantes de ciências médicas e da saúde, existem restrições financeiras, éticas e de supervisão para seu uso (MORO ET AL., 2017) (PREIM & SAALFELD, 2018). Ademais, é comum um número insuficiente de cadáveres em departamentos de anatomia, por conta do desgaste das peças anatômicas pelo manuseio constante (MONTEIRO & VALDEK, 2006). Somadas a essa problemática, as questões emocionais do indivíduo em contato com a peça cadavérica vêm sendo estudadas como fator que influencia no aprendizado do aluno (SUGAND ET AL., 2010).

Para Preim & Saalfeld (2018) e Kruse (2004) as aulas práticas favorecem a visualização das estruturas e possibilitam que professores identifiquem os acidentes ósseos aos

alunos. O cadáver impregnado de conservantes é, paradoxalmente, o primeiro contato de estudantes que se preparam para preservar a vida com o objeto de sua futura prática. O mesmo é apresentado como semelhante ao ser humano, embora não se apresente como o recurso didático ideal, por não demonstrar a cor, a consistência, o turgor da pele, o odor ou a temperatura de um corpo quando vivo.

Por todos esses motivos, o ensino desta disciplina vem sendo visto como um desafio, e acrescenta-se a isso a complexidade das nomenclaturas e a dificuldade de visualização das estruturas (ARAÚJO JUNIOR ET AL., 2014).

Para entender melhor esta dinâmica, procuramos observar aulas introdutórias de osteologia. São apresentados, em sala de aula, generalidades e conceitos a respeito dos ossos e do esqueleto. Discute-se com o aluno questões relacionadas ao estudo dos ossos, como fatores genéticos, metabólicos e mecânicos. Aprofundando mais o conteúdo, apresenta-se ao aluno aspectos que não são de fácil reconhecimento como a classificação dos ossos - estes podem ser classificados segundo sua disposição topográfica², sua forma³ e sua arquitetura óssea⁴. Aborda-se também as questões de vascularização⁵ e inervação dos ossos e apresenta-se os tipos⁶ e a classificação⁷ do esqueleto. Os conteúdos apresentam grande número de estruturas, com nomes incomuns e de intrínseca compreensão, despertando nos estudantes sentimento de impotência e desânimo (SALBEGO ET AL., 2015).

As aulas práticas referentes a osteologia são trabalhadas com ossos e modelos em laboratório apropriado, conforme apresentado na

Figura 1. Nestas aulas, os professores formam pequenos grupos e, seguindo um roteiro definido, apresentam cada um dos acidentes ósseos relevantes de cada um dos ossos do corpo humano.

² Axiais e apendiculares

³ Longos, alongados, planos, curtos, irregulares, pneumáticos e sesamóides

⁴ Compacta, esponjosa, periosteo, endosteio e medula óssea

⁵ Irrigação, drenagem óssea e drenagem linfática

⁶ Exoesqueleto, endoesqueleto e esqueleto misto

⁷ Esqueleto axial e apendicular. Apendicular superior e appendicular inferior

Figura 1 - Ossos e modelos preparados para aula sobre esqueleto axial.



Fonte: o Autor.

Diante de um conteúdo tão denso, os estudantes podem recorrer aos ossos destinados ao uso geral para estudarem o conteúdo. Estes ossos reais são armazenados em caixas acessíveis ao estudante, que pode utilizá-los para estudo, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Ossos para uso geral em laboratório de anatomia.



Fonte: o Autor.

Como apresentado na Figura 3, os alunos recorrem também a materiais didáticos de apoio para auxiliar seu estudo, relacionando as informações do material com a peça real. Os materiais didáticos de apoio no estudo da anatomia se apresentam de diversas formas, mas os livros e atlas de anatomia são os mais comuns.

Ressalta-se a importância do Atlas de Anatomia na construção do olhar do estudante sobre o corpo. Podemos pensar que a disciplina de Anatomia e o Atlas de Anatomia estabelecem os parâmetros para o que é normal ou anormal, isto é, normalizam os corpos (KRUSE, 2004). Baseados em ilustrações ou fotos, os atlas apresentam a identificação dos ossos e seus acidentes ósseos. Mas um dos principais problemas dos livros e atlas é sua desatualização, pois conforme a medicina avança, as definições e a nomenclatura dos ossos e suas regiões são alteradas.

Figura 3 - Estudo de peças ósseas com apoio de atlas.



Fonte: o Autor.

A produção das ilustrações encontradas nos atlas requer equilíbrio entre complexidade e simplificação: se for caracterizado com muita complexidade, o excesso de informações tornará sua observação de pouca ajuda, enquanto a simplificação demasiada tornará o material impreciso e inadequado (NETTER, 2000). Por apresentar visões bidimensionais, esse tipo de material didático representa especialmente as estruturas com uso da perspectiva, fazendo o observador utilizar de sua imaginação para compreender o volume (MAVRODI, PARASKEVAS, & KITSOULIS, 2013). Também as cores, tamanhos e luminosidade não

correspondem ao que o estudante pode visualizar nas peças anatômicas (MONTEIRO & VALDEK, 2006). Por não oferecer uma noção espacial perfeita, sua utilização é indicada em conjunto com o estudo de peças cadavéricas, como apresentado na Figura 3.

Nos atlas de fotografias, apesar do maior realismo das imagens, não é possível observar todas as estruturas relacionadas à parte apresentada, o que faz com que os autores optem por várias imagens para retratar um mesmo órgão (MONTEIRO & VALDEK, 2006).

Outra forma de material didático para o ensino da anatomia são os modelos físicos artificiais, voltados principalmente a acessos pontuais em ambientes de estudo (ANDRADE ET AL., 2014). Feitos de material sintético (como plástico, por exemplo) são objetos que trazem boa noção tridimensional de um determinado osso e que possuem longa durabilidade. Entretanto, mesmo diante do exaustivo esforço em sua modelagem, os objetos não são impecavelmente modelados (SUGAND ET AL., 2010) e apresentam potencial de estudo limitado por não apresentar informações importantes como o nome dos acidentes ósseos, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Modelos Físicos de Material Sintético.



Fonte: o autor.

Outra opção para o estudo de anatomia são as filmagens das sessões de dissecação realizadas em laboratórios de anatomia. Apesar de serem materiais de estudo contemporâneos, não promovem a liberdade de o aluno explorar a peça sob diversos ângulos.

Como dissemos, anatomia é uma disciplina na qual a visualização espacial é de notável importância; entretanto, percebe-se a ampla utilização de livros pelos estudantes, os quais possuem dificuldades na visualização das imagens estáticas bidimensionais como referentes a um objeto tridimensional (AZER & AZER, 2016). O estudo da anatomia requer forte raciocínio espacial, o que torna o estudo mais dificultoso para aqueles que tem pouca aptidão para tal habilidade, resultando em desempenho insuficiente nas avaliações (PEDERSEN, 2012) (BERNEY, BÉTRANCOURT, MOLINARI, & HOYEK, 2015).

A representação mental do formato e a organização das mais diversas estruturas anatômicas são cruciais no processo de aprendizagem em anatomia. A interação com recursos digitais em 3D conduzem a um melhor entendimento destas características (PUJOL, BALDWIN, NASSIRI, KIKINIS, & SHAFFER, 2016). Este tipo de tecnologia pode ser adotado como material de apoio pedagógico por estudantes de diversos níveis de habilidade com a representação e rotação mental das estruturas anatômicas (JAMIL ET AL., 2018), e é sobre isto que trataremos na próxima subseção.

2.1.1 Recursos Digitais no Ensino de Anatomia

As possibilidades tecnológicas recentes, aliadas a diferentes objetivos pedagógicos, reestruturaram os currículos do ensino em saúde, promovendo reflexões a respeito de novas abordagens diante dos métodos tradicionais (ANDRADE ET AL., 2014) (GHOSH, 2017).

Os atlas passaram também a apresentar seu conteúdo em formato digital, oferecendo mais recursos visuais e interativos (MONTEIRO & VALDEK, 2006). O conteúdo de ensino de anatomia em meios digitais sofreu uma adaptação principalmente entre a década de 1990 e início de 2000 que pretendeu manter a exploração visual das figuras próxima ao que já era possível nos meios impressos. Nem sempre a semelhança visual das figuras com a realidade foi atingida, levando à origem de *softwares* utilizando computação gráfica 3D (ANDRADE, 2015).

Alguns produtos criados nesse período 1990-2000 foram posteriormente transformados em sítios da internet e, a partir da década de 2010, também em aplicativos para dispositivos móveis com novos recursos, como rotações livres de construtos tridimensionais e separação das partes do corpo virtual ao toque em telas sensíveis (ANDRADE, 2015).

O crescente uso da tecnologia como os *smartphones* na década de 2010 para estudo e prática em saúde possibilitou novas oportunidades para estudo e treino (BLACKMUR, CLEMENT, BRADY, & OLIVER, 2013). Desde então, o número de ofertas de aplicativos voltados ao ensino da anatomia ultrapassou o de lançamentos de livros anatômicos de toda sua história, entretanto há de se considerar nas abordagens a baixa equivalência visual entre o digital e o real, assim como as necessidades do público alvo (ANDRADE, 2015).

Nos últimos anos, pesquisas (como as que mencionaremos a seguir) buscam compreender melhor o potencial da utilização de ambientes virtuais (como os aplicativos, especialmente os *games*) para apoio no ensino de anatomia, mostrando-se uma ferramenta com impacto positivo no processo de ensino/aprendizagem, em especial na retenção das informações e no engajamento do aluno (ABDULMAJED, PARK, & TEKIAN, 2015).

Os métodos envolvendo as tecnologias de visualização 3D são considerados ferramentas de ensino/aprendizagem melhores que aqueles que utilizam materiais 2D no que tange a aquisição de conhecimento de anatomia (YAMMINE & VIOLATO, 2015). Para Nicholson et al. (2006), ainda há pouca evidência da efetividade do uso de modelos 3D para ensino em anatomia, e o autor ainda aponta a falta de interatividade como um obstáculo a ser vencido para que seja considerado um material adequado. Já para Ghosh (2017), pode-se fazer uma afirmação mais contundente: imagens e modelos tridimensionais devidamente processados de forma apropriada são capazes de oferecer uma poderosa ferramenta de ensino/aprendizagem em anatomia. Atualmente, os modelos tridimensionais são gerados a partir da aquisição e processamento de imagens médicas, com o emprego de técnicas para melhoria da qualidade e registro (alinhamento) das imagens. Posteriormente, métodos de segmentação, modelagem geométrica e topológica de elementos básicos fornecem os componentes fundamentais para a reconstrução do corpo humano (DAL ET AL., 2003).

No item 2.2 abordaremos diferentes processos de digitalização tridimensional.

2.2 DIGITALIZAÇÃO DE PEÇAS ANATÔMICAS

O processo de digitalização de objetos pode ser realizado por diferentes técnicas, podendo ser posteriormente manipulados em programas modeladores para ajustar e melhorar o

modelo tridimensional (DARDON, SOUZA, ABRANCHES, & BERGQVIST, 2010) (LOGUERCIO, 2009). É possível fazer animações, interações, simular tecidos orgânicos (KÖRTING, SILVA, COSTA, BOTELHO, & BICHO, 2005) (FREDIEU ET AL., 2015), remodelar materiais danificados por rachaduras ou fraturas para reconstituir virtualmente a forma original da peça (DARDON ET AL., 2010).

As técnicas de digitalização de objetos podem ser divididas de acordo com o processo envolvido na aquisição dos dados. O método direto é aquele em que o objeto 3D é obtido a partir de várias medidas lineares, tomadas manualmente, de comprimento, altura e largura do objeto para ser modelado manualmente em *softwares* CAD (HAYASAKI & SOUSA, 2006). É um método pouco apropriado para estudos morfológicos, por não possibilitar a obtenção de detalhes mais finos do material, mas faz-se útil para aqueles cujos valores de massa, volume, centro de massa e inércia são necessários (HENDERSON, 1999).

Já o método indireto consiste na formação do modelo 3D a partir da digitalização do material através de diferentes meios, tais como fotogrametria, scanner 3D e tomografia computadorizada (REZENDE, 2006). Para aplicações em anatomia, destacam-se métodos indiretos específicos para esta área.

2.2.1 Fotogrametria

A fotogrametria é a ciência e a técnica de interpretar e avaliar forma, dimensão e posição de objetos, a partir da análise e medição de imagens em que estes estão contidos (DANTAS, RIBEIRO, BRUSCATO, & SILVA, 2016). Esta trata dos aspectos geométricos do uso de fotografias, com a finalidade de obter valores precisos de comprimentos, alturas e formas, baseando-se nos pixels das imagens digitais, no princípio da estereoscopia e na orientação analítico-digital das fotos (MILKHAI ET AL., 2001).

A fotogrametria pode ser feita com ou sem base de calibração. Quando usada, a calibração tem a função de dar coordenadas sobre a posição exata da câmera em relação ao objeto, possibilitando assim a fusão automatizada das imagens em *software* para geração do modelo 3D. De ambos os modos, necessita de fundo de cor antagônica àquela predominante no material, para que se reconheça nitidamente os limites do objeto ao gerar o modelo 3D. No

método de fotogrametria sem base de calibração, a silhueta do objeto é formada manualmente. Para a formação do modelo 3D, é necessário um mínimo de seis fotografias do objeto (com vistas dorsal, ventral, duas laterais, anterior e posterior). Para Dardon et al. (2010), a fotogrametria sem base de calibração tem maior aplicabilidade em objetos mais planos e lisos, como em ossos chatos, uma vez que superfícies irregulares geram maior dificuldade na tentativa de traçar o contorno. O emprego desse método, embora vantajoso ao aceitar objetos de qualquer tamanho, é de execução trabalhosa.

Em anatomia, a geração dos modelos digitais pode ser feita com uma abordagem baseada em fotografias de secções de órgãos e estruturas, por meio de processamento de uma série de imagens bidimensionais, uma imagem de cada secção, que gera um modelo tridimensional, com a utilização de *softwares* de computador. Para Trelease & Rosset (2008), esta abordagem é considerada vantajosa para a modelagem de pequenas estruturas como vasos e nervos

Em outras palavras, a digitalização por fotogrametria utiliza técnicas de processamento de imagens para a digitalização do objeto. Para Dantas et al. (2016), a qualidade do resultado, de modo geral, depende da qualidade das imagens adquiridas e sua aquisição, considerando requisitos gerais de fotografia (iluminação, estabilização, tamanho e especificações do sensor) que influem na reconstrução tridimensional do objeto de interesse.

2.2.2 Videogrametria

O processo de digitalização de um objeto por videogrametria pode dar-se por digitalização a laser ou por projeção de luz branca enquanto, de ambos os modos, um sistema de aquisição de imagens captura dados em arquivos de vídeo.

A tecnologia de digitalização a laser consiste em usar lasers para projetar no objeto uma ou mais listras finas de feixes de luz enquanto, simultaneamente, os sensores de luz registram o objeto. Aplicando regras geométricas simples, a superfície é medida. A unidade de escâner a laser, composta pelo laser, pelo sistema óptico e pelo sensor de luz, é movida ao redor do objeto para digitalizar a superfície (D'APUZZO, 2007).

A desvantagem do método reside no processo de manipulação do laser, pois é realizado manualmente pelo operador, em movimentos lentos e repetitivos que exigem precisão e firmeza, e portanto perde em exatidão pela aquisição manual dos dados (DARDON ET AL., 2010). Além disso, o procedimento deve ocorrer em um local com pouca iluminação, sendo que a presença de luz pode causar ruídos na malha, gerando estruturas irregulares capazes de confundir o profissional realizando a modelagem. Com objetos pequenos, o grau de precisão e qualidade da imagem é limitado, pois detalhes menores que 0,4 mm são de difícil digitalização e provavelmente não serão visualizados no modelo 3D (DARDON ET AL., 2010).

A tecnologia para a escaneamento baseada na projeção de luz branca (geralmente na forma de listras) é semelhante ao método a laser, porém, em vez de mover a unidade do escâner, luzes são projetadas no objeto e um sensor de luz (por exemplo, uma câmera digital) adquire a imagem. Sistemas mais complexos utilizam dois ou três sensores de luz. As listras na superfície são medidas de forma singular, por meio de triangulação (CHROMY & ZALUD, 2014).

Este método é considerado adequado para digitalização de materiais pequenos, principalmente no estudo de dentes e ossículos, além de não apresentar restrição de uso em objetos de grande porte. Suas maiores desvantagens são o elevado custo do equipamento, o tempo computacional necessário ao processamento e a necessidade de que os materiais sejam totalmente opacos durante a captura da imagem. Este último aspecto pode ser sanado com o recobrimento do material, requerendo atenção com a espessura da camada para não descaracterizar demais a peça, com o revelador não aquoso SKD-S2 ou com cloreto de amônia, o qual, ao ser aquecido, produz um gás que recobre o material e, posteriormente à digitalização, pode ser facilmente removido, não causando danos ao material (DARDON ET AL., 2010).

2.2.3 Digitalização por Imagens Clínicas

Outra abordagem para a criação dos modelos 3D advém da utilização de sistemas de geração de imagens clínicas, como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada. Esta tecnologia permite a criação de modelos de tecidos, órgãos e estruturas em uma série de imagens sem a necessidade de uma secção real do objeto, caracterizando-se como um método não destrutivo. Os resultados obtidos da ressonância magnética e da tomografia

computadorizada possibilitam, por meio do agrupamento de uma série de imagens bidimensionais de cortes sucessivos, a reconstituição 3D da forma externa e a observação interna de um objeto, importante no estudo de ossos e esqueletos (CARVALHO, 2010). Os diversos cortes feitos são reunidos para formação do objeto 3D através de programas apropriados. Nos últimos anos, esta abordagem tem gerado modelos de baixa qualidade mesmo diante da resolução atual das tecnologias de ressonância magnética e tomografia computadorizada, apesar de abordagens de pós-processamento poderem ser utilizadas para inferir um melhor detalhamento do modelo tridimensional (TRELEASE & ROSSET, 2008). A qualidade do modelo tridimensional gerado por imagens de tomografia computadorizada está diretamente relacionada com a espessura de cada lâmina, sendo maior a qualidade diante de lâminas mais finas (FORD & DECKER, 2016).

O processo de digitalização por imagens clínicas é descrito por Brenton et al. (2007) como: escaneamento, refinamento, segmentação e renderização. Escaneamento é o início do processo, com a aquisição de uma série ordenada de imagens 2D usando uma técnica de varredura, como tomografia computadorizada ou ressonância magnética. Cada imagem mostra uma fatia no corpo em intervalos regulares, normalmente de 1 mm. Refinamento é a etapa na qual as imagens são manipuladas digitalmente para melhorar sua qualidade, com técnicas como aprimoramento de contraste⁸, redução de ruído⁹ e interpolação. O aprimoramento deve ser feito com muito cuidado, pois pode enfatizar artefatos de imagem e até levar a uma perda de informações se não for usado corretamente. Segmentação é a etapa na qual ferramentas de desenho vetorial são usadas para rastrear uma região escolhida em uma varredura. O processo também tem o efeito de marcar eletronicamente uma área para que possa ser tratada e manipulada exclusivamente. Sem segmentação, regiões indesejadas podem ser incluídas quando a série de imagens 2D é reconstruída em 3D. A segmentação pode ser feita manualmente (é uma tarefa lenta e trabalhosa) ou de modo semiautomatizado ou automatizado. E, por fim, renderização é o processo por *software* em que cada fatia 2D é utilizada para criar um volume 3D em um conjunto de dados.

⁸ Em imagens clínicas, onde é chamado contraste virtual, é determinado pelas características físicas do objeto. É aprimorado trabalhando a diferença entre os tons de preto e branco.

⁹ Artefatos de imagem indesejados por não representarem a realidade.

Atualmente este processo é considerado o mais apropriado para digitalização de peças para estudo de anatomia. Ao aplicar o processo descrito, é possível formar um repositório como, por exemplo, o BodyParts¹⁰, o qual utilizou do processamento de um conjunto de imagens de ressonância magnética, com intervalos de 2mm, de um indivíduo masculino adulto e é disponibilizado na internet para produção de conteúdo de anatomia (MITSUHASHI ET AL., 2009).

2.2.4 Escâner 3D

A digitalização 3D funciona, em geral, por meio de uma varredura medindo a localização dos pontos no espaço (X,Y e Z), denominada de nuvens de pontos. Um escâner 3D, geralmente, trabalha com a técnica de triangulação na qual se movimenta no plano X e Y sob comandos numéricos e, depois de finalizada a varredura do objeto a ser digitalizado, é obtido o mapeamento da superfície ponto a ponto. Assim, é gerada a malha tridimensional que é convertida em um modelo 3D.

Existem diversos tipos de escâneres tridimensionais conhecidos, com vantagens e desvantagens para cada tipo de aplicação. Em linhas gerais, um escâner 3D pode ser classificado como escâneres com contato e sem contato. Os escâneres com contato se caracterizam pelo contato físico com o objeto, com alta precisão demandando maior tempo de aquisição de dados, mas possuem dificuldades em digitalizar reentrâncias onde o aparelho não é capaz de se aproximar. Os escâneres sem contato físico demandam menor tempo para aquisição de dados, com uma precisão que era considerada discretamente inferior quando comparado com os escâneres com contato (PERES, 2013). Contudo, é perceptível que, diante da evolução tecnológica recente, também podem atingir alta precisão além de que se tornam mais apropriados para digitalizar objetos com cavidades onde o escâner com contato não pode alcançar.

O escâner com contato é um tipo de escaneamento que, com o auxílio de braços digitalizadores, é feito através do toque do escâner em pontos homólogos pré-determinados, denominados de *landmarks* (marcos anatômicos). Com a fusão dos pontos capturados, é

¹⁰ <https://dbarchive.biosciencedbc.jp/en/bodyparts3d/desc.html>.

possível gerar modelos 3D, considerando que quanto maior o número de marcos anatômicos mais precisa será a reconstrução virtual (BOOKSTEIN, 1991). Os dados obtidos através do escâner de toque podem ser visualizados diretamente em programas geradores de imagem 3D. Os escâneres de toque são facilmente transportados devido ao seu tamanho e peso e por não necessitarem de muita infraestrutura para instalá-los. Em trabalho de Marcus et al. (2000) observou-se que a menor distância entre os pontos tomados em escâner de contato em um objeto deve ser de 0,25 mm.

Aponta-se o tamanho do objeto a ser digitalizado como uma de suas restrições na utilização desses equipamentos. Há os dispositivos de mão e os de mesa. Os de mão são sistemas versáteis e de fácil manuseio. É necessária apenas a aquisição de imagens em diferentes ângulos e a fusão posterior em programa específico para se ter modelos 3D. Há, no entanto, certa dificuldade na fusão das imagens e no trabalho com peças pequenas.

O escâner de mesa, por sua vez, trata-se de um aparelho com uma base giratória. O digitalizador de mesa varre o objeto em várias posições, capturando imagens detalhadas de sua superfície e, com auxílio de *software*, gera o modelo 3D através da fusão das imagens capturadas.

2.3 AMBIENTES DIGITAIS PARA ESTUDO DE ANATOMIA

O modelo virtual tridimensional criado necessita de um ambiente digital para que seja aproveitado pelo usuário final com recursos de visualização e de interação.

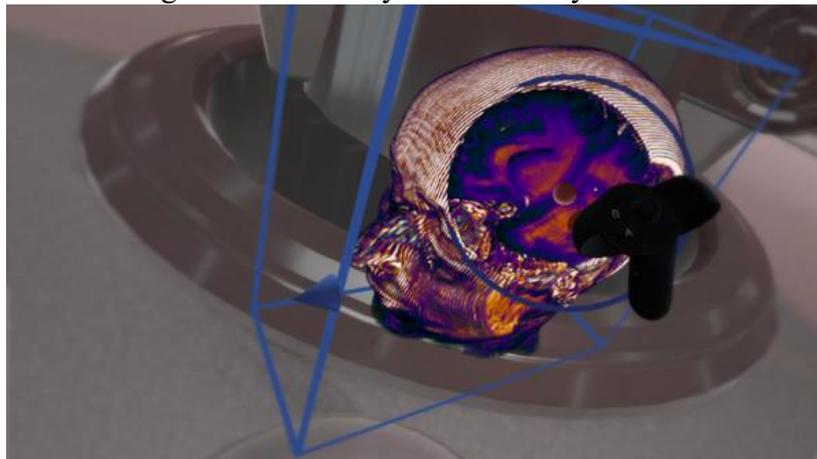
Quando inseridos em ambientes virtuais, modelos tridimensionais oferecem uma grande vantagem sobre imagens 2D estáticas em termos de orientação e exploração. Modelos anatômicos digitais 3D podem ser aplicados em diversos tipos de ambientes digitais onde as características dos modelos (cor, escala, opacidade, interatividade) e a inclusão de imagens ou textos podem ser empregadas para aprimorar objetivos específicos de aprendizagem. Quando inseridos em um ambiente virtual, os modelos podem ser usados como objetos de aprendizado individuais ou como parte de um objeto de aprendizado maior. (FREDIEU ET AL., 2015).

Visando fundamentar como os modelos tridimensionais são empregados em ambientes virtuais interativos de ensino/aprendizagem, investigamos alguns aplicativos disponíveis no

mercado. Considerando a falta de interatividade como um obstáculo a ser vencido (NICHOLSON ET AL., 2006), optamos por concentrar os esforços no mercado de aplicativos para estudo de anatomia que permitam a interatividade do usuário com a peça estudada. Esta característica foi encontrada nos *games*.

Delimitando as buscas para aplicativos de computadores, na plataforma de distribuição Steam¹¹ foram encontrados alguns aplicativos voltados para o estudo de anatomia. Um deles é o The Body VR: Anatomy Viewer, desenvolvido pela The Body VR LLC (Figura 5). Ele funciona como um atlas virtual do corpo humano com imagens reais de tomografia. O aplicativo é pensado para realidade virtual, o que aumenta bastante a interatividade com o usuário.

Figura 5 - The Body VR: Anatomy Viewer.



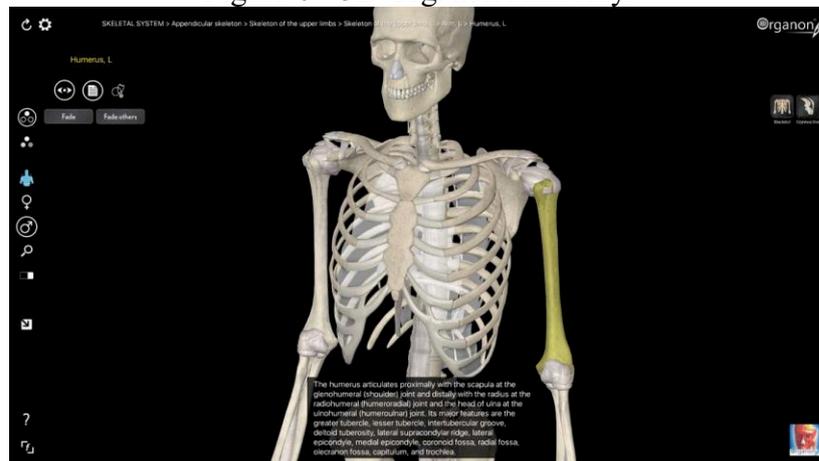
Fonte: Plataforma Steam.

Ainda na plataforma Steam, encontramos o 3D Organon Anatomy - Skeleton, Bones, and Ligaments, desenvolvido pela Medis Media (Figura 6). Trata-se de um atlas virtual tridimensional do esqueleto. Contendo um sistema que oferece alguma interatividade e que é compatível com várias plataformas, incluindo mobile, é um guia 3D de vários sistemas do corpo humano que pode ser utilizado para aprendizado. No entanto, o nível de detalhamento dos ossos pode ser considerado insatisfatório para estudo de anatomia no ensino superior. Na Figura 6 vemos que os ossos não possuem nível de detalhamento apropriado para uma observação apropriada dos acidentes ósseos.

¹¹ STEAM: Banco de dados.

Disponível em: <<http://store.steampowered.com/tag/pt-br/Educativo>>. Acesso em: 17/10/2017.

Figura 6 - 3D Organon Anatomy.



Fonte: Plataforma Steam.

Também foram realizadas buscas nas plataformas GOG¹² e Origin¹³ a fim de encontrar aplicativos semelhantes, mas nada foi encontrado. Ao buscar aplicativos para dispositivos móveis para estudos em anatomia, encontraram-se aplicativos como o Esqueleto Anatomia 3D e o Skeleton Anatomy Atlas, com modelos com um nível baixo de detalhamento e interação, que possibilitam apenas a navegação entre os ossos e detalham algumas informações como a nomenclatura, conforme apresentado na Figura 7.

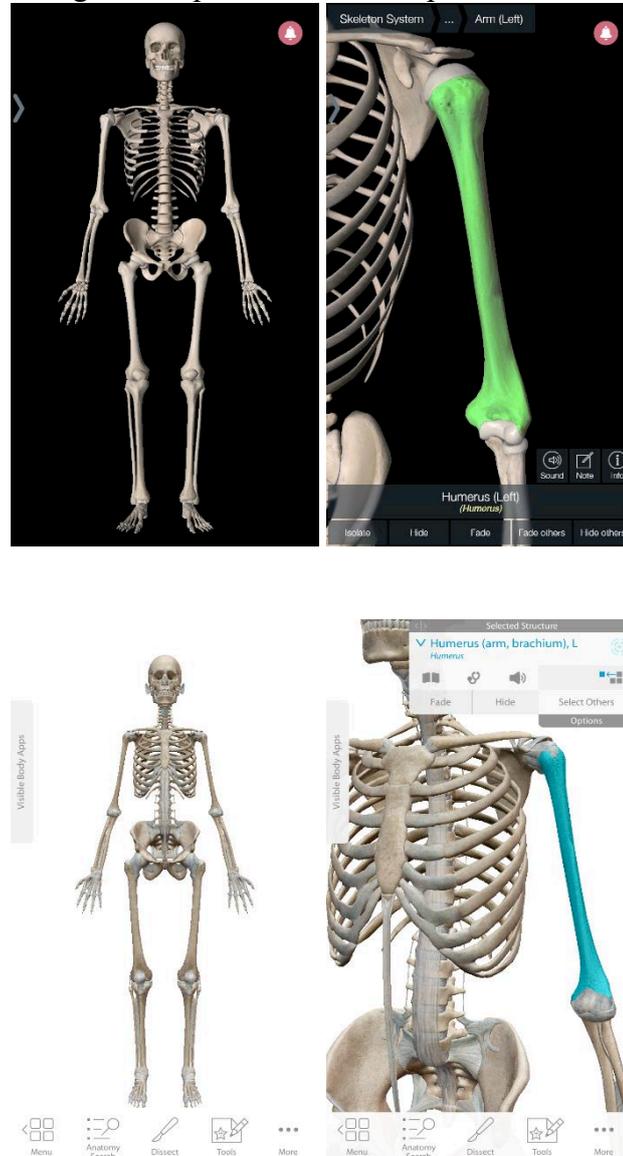
¹² GOG: Banco de dados.

Disponível em: <<https://www.gog.com/>>. Acesso em: 17/10/2017

¹³ Origin: Banco de dados.

Disponível em: <<https://www.origin.com/>>. Acesso em: 17/10/2017

Figura 7 - Imagens de aplicativos móveis para estudo em anatomia.



Fonte: Apple App Store.

Investigamos também a produção acadêmica referente à utilização de ambientes virtuais interativos para ensino/aprendizagem de anatomia com o uso de modelos virtuais tridimensionais. Complementando as revisões de Olszewski & Wolbrink (2017), Graafland; Schraagen; Schijven (2012) e Gorbanev et al. (2018), realizamos buscas no Portal Periódico Capes diante do acesso a várias bases de dados internacionais a fim de observar se este possui abrangência suficiente para reunir pesquisas relacionadas.

O foco da busca concentrou-se em observar os modelos tridimensionais utilizados em ambientes virtuais que promovam a interatividade, como os *games*, buscando também pesquisas relacionadas com o ensino em anatomia nesse contexto.

A busca foi realizada no dia 26/10/2017. Nos campos de busca foram inseridas as palavras-chave “*game*” e “*anatomy*”, em busca de artigos no idioma inglês publicados entre 2012 e 2017, o que resultou em 74 artigos. Os resumos dos trabalhos encontrados foram lidos e filtrados para manter apenas artigos relacionados com modelos virtuais tridimensionais de ossos e com ambientes virtuais para ensino/estudo em anatomia ou outras áreas da saúde. A catalogação dos artigos foi realizada com utilização do *software* livre Mendeley, permitindo rápida tabulação de dados relevantes de cada um dos artigos selecionados como autores, ano da publicação e título.

Dentre os artigos encontrados, dez foram selecionados por meio da leitura de seus respectivos resumos e estão listados no apêndice C. Foram encontrados também trabalhos que apontam as vantagens da abordagem de *game* para o ensino, com a utilização de jogos de tabuleiro (*boardgames*) e pesquisas que apontam potencial na utilização de realidade virtual para o ensino de outras áreas da saúde. Foi encontrada também uma pesquisa que apontava para um sistema tridimensional para o estudo da arcada dentária com modelos providos da internet, mas sem mencionar a forma como os modelos foram produzidos¹⁴.

Os textos selecionados foram relevantes para a determinação do direcionamento do trabalho, promovendo um panorama geral do contexto acadêmico no qual os modelos virtuais são inseridos.

¹⁴ Leitura do texto em busca da forma de produção dos modelos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos seguindo Brenton et al. (2007), discutiremos os procedimentos para digitalização do objeto real, o refinamento e tratamento de ossos 3D, seguidos de classificação, render de superfície e outros procedimentos complementares.

3.1 PROCEDIMENTOS EM DIGITALIZAÇÃO DE OSSOS HUMANOS

Nos estudos de Ford & Decker (2016), constatou-se que a espessura de lâmina adequada para os modelos gerados por imagens clínicas é entre 1 e 1.25mm. Para elevar a equivalência visual do objeto de estudo digital com o osso real, adotamos no procedimento desenvolvido neste trabalho a utilização de novas tecnologias de escaneamento 3D com distância mínima entre dois pontos de escaneamento de 0.017mm.

Os procedimentos de digitalização por videogrametria por laser não foram empregados devido às desvantagens mencionadas anteriormente – perda de exatidão pela aquisição manual dos dados e perda de detalhes menores que 0,4 mm. Além disso, os procedimentos de videogrametria por projeção de luz branca possuem a necessidade de que os materiais sejam totalmente opacos, o que não condiz com a característica dos ossos humanos, especialmente os ossos menores. Este aspecto poderia ser sanado com o recobrimento do osso real, entretanto este processo não foi adotado com a finalidade de evitar que o recobrimento descaracterizasse a superfície dos ossos diante de um processo de digitalização com alta precisão.

O procedimento de digitalização 3D dos ossos é uma adaptação das etapas apontadas por Brenton et al. (2007) no contexto da digitalização por imagens de tomografia computadorizada. Adaptando as etapas adotadas ao contexto do escâner 3D ATOS, temos: digitalização do objeto real (aquisição de dados obtidos por tecnologia de escaneamento 3D), refinamento (alteração de características não-necessárias ou prejudiciais para obtenção da qualidade desejada no produto final), Tratamento dos Ossos 3D (adequação para especificidades técnicas dos ambientes virtuais), Classificação, Render da Superfície (criação de arquivos de imagem bidimensionais para utilização em volumes tridimensionais para visualização) e Procedimentos Complementares.

3.1.1 Digitalização do Objeto Real

Para início do processo de digitalização, necessita-se de ossos adequados para as necessidades dos ambientes virtuais que promovam o ensino/aprendizagem da identificação dos ossos humanos e de acidentes ósseos para estudantes de graduação na área da saúde. A seleção das peças se dá, em geral, pela disponibilidade. Quando diante de opções para escolha, a preferência é por ossos em melhor estado de conservação, obtidos mais recentemente, que foram menos manuseados por estudantes e que estejam livres de elementos indesejados, como outros tecidos remanescentes do cadáver original ou marcações utilizadas como recursos didáticos.

O escâner 3D utilizado nos procedimentos desta pesquisa foi o ATOS Compact Scan 5M, fabricado pela empresa GOM, presente em mais de 45 países. É um sistema de mesa sem contato com medição ótica, como apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Escâner ATOS Compact Scan 5M.



Fonte: o autor.

Com tecnologia chamada *Blue light*, o sistema apresenta baixa sensibilidade à iluminação do ambiente e permite uma área de medição de 40 mm² a 1200 mm². A resolução

máxima (distância mínima entre dois pontos de escaneamento — quanto menor melhor) é de 0.017mm com câmera de 5 *mega pixels* (GOM, 2017).

O equipamento utilizado possui dois conjuntos de lentes intercambiáveis: um conjunto de lentes de 500mm utilizado em conjunto com adesivos de 3mm dedicado a um trabalho mais ágil e para grandes volumes, e um conjunto de lentes de 150mm utilizado em conjunto com adesivos de 0,8mm dedicado a uma tarefa minuciosa. Após a escolha do conjunto de lentes, período de aquecimento (cerca de 30 minutos) e calibragem o equipamento está pronto para uso, podendo ser deslocado ao redor do objeto a ser digitalizado com apoio de tripé ou suporte próprio.

Considerando a presença de dois conjuntos de lentes disponíveis, foram realizados testes para saber qual seria o mais adequado. Verificou-se que, apesar de tornar o processo mais rápido, a digitalização 3D das peças utilizando o conjunto de lentes de 500mm e adesivos de 3mm não traria a qualidade esperada para o objeto digitalizado. A comparação entre os resultados de digitalização dos dois conjuntos de lente pode ser vista na Figura 9, Figura 10 e Figura 11. Por conta disso, mesmo tornando o processo mais lento, os ossos foram digitalizados utilizando um conjunto de lentes de 150mm e adesivos 0,8mm (cf. Figura 12).

Figura 9 - Digitalização de um fêmur utilizando, à esquerda, o conjunto de lentes de 500mm e adesivos de 3mm, e à direita, o conjunto de lentes de 150mm e adesivos de 0,8mm



Fonte: o autor.

Figura 10 - Digitalização de um fêmur, evidenciando a visão da cabeça, utilizando o conjunto de lentes de 500m e adesivos de 3mm (osso superior na imagem) e o conjunto de lentes de 150mm e adesivos de 0,8mm (osso inferior).



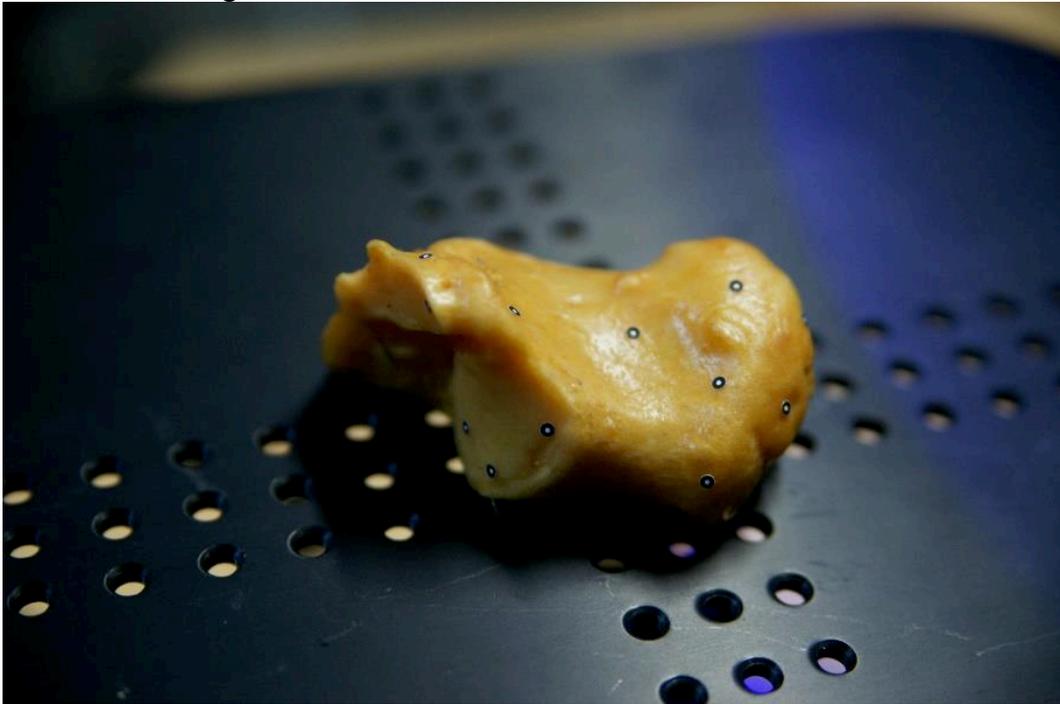
Fonte: o autor.

Figura 11 - Digitalização de um fêmur, em posição inversa, utilizando o conjunto de lentes de 500m e adesivos de 3mm (osso à esquerda) e o conjunto de lentes de 150mm e adesivos de 0,8mm (osso à direita).



Fonte: o autor.

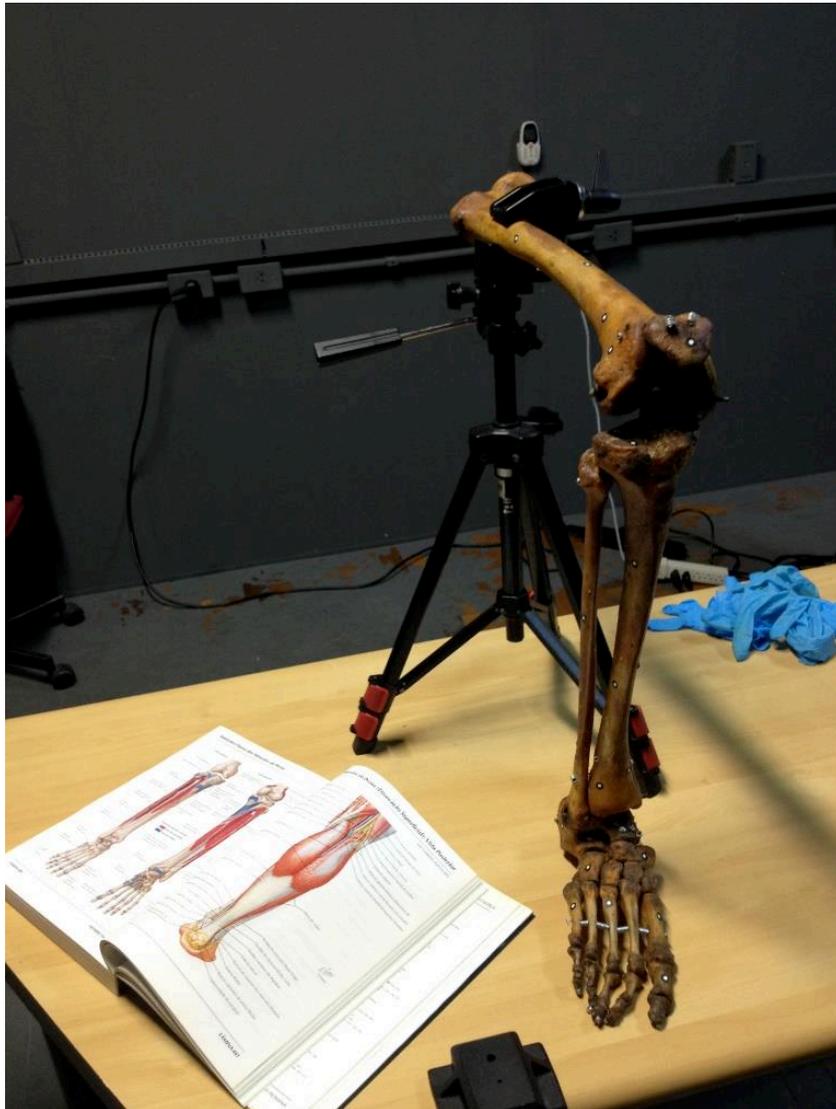
Figura 12 – Osso calcâneo com adesivos de 0,8mm.



Fonte: o autor.

O conjunto de lentes de 500mm e adesivos de 3mm foram utilizados apenas para a digitalização de um membro inferior articulado. Todas as peças utilizadas são provenientes da mesma peça cadavérica e foram digitalizadas separadamente. Para servir de referência a fim de evitar problemas de encaixe e proporção adequada entre os mesmos, um membro inferior articulado foi digitalizado, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Membro inferior articulado preparado para digitalização em 3D, utilizado como referência.



Fonte: o autor.

3.1.2 Refinamento

Considerando que a tecnologia utilizada no processo é baseada na luz emitida sobre o objeto, alguns ossos, como o osso sacro, apresentam reentrâncias, que dificultam que a luz seja captada de forma eficaz pelas lentes do equipamento. Sendo assim, algumas pequenas áreas dos ossos requereram interferências artísticas e computacionais para obtenção de toda a área dos ossos.

A superfície do objeto virtual 3D (malha) provido pela digitalização geralmente caracteriza-se por apresentar algumas regiões muito densas e outras com pequenos buracos, o que exige um trabalho minucioso para corrigir esses problemas antes de seguir para a próxima etapa. Com o auxílio do *software* do próprio escâner, os erros maiores são corrigidos e revisados minuciosamente para não restarem falhas menores que comprometam os processos posteriores.

3.1.3 Tratamento dos Ossos 3D para Ambientes Virtuais

Uma vez digitalizadas, as peças contam com altíssima resolução, garantindo alta fidelidade ao objeto real. Entretanto, se mantivermos toda sua resolução, esses arquivos são demasiadamente custosos de serem processados em ambientes virtuais. Por isso, realizou-se um extenso processo de testes a fim de desenvolver uma *pipeline* capaz de trazer a menor perda de qualidade da peça 3D ao ser empregada em ambientes virtuais.

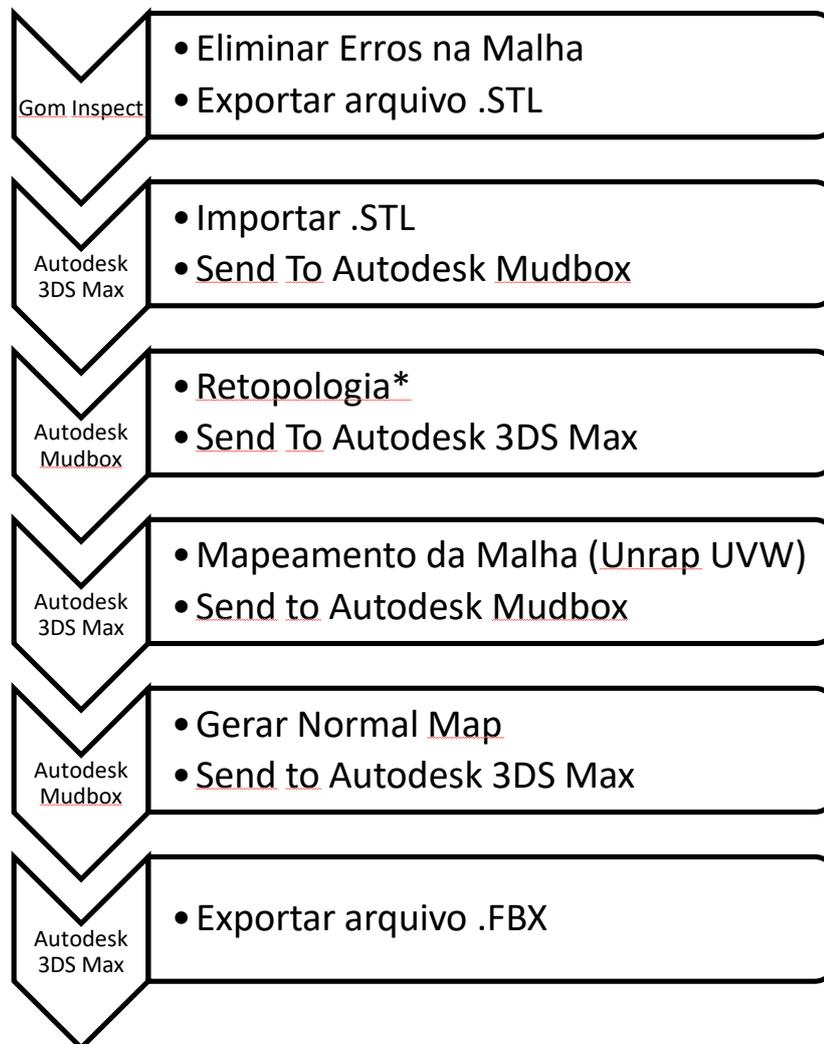
O tratamento aqui descrito gera três modelos para cada osso digitalizado: o original, o de alta densidade e o de baixa densidade. Os dois últimos são destinados para utilização em ambientes virtuais, enquanto o primeiro é utilizado para arquivamento da totalidade de informações obtidas na digitalização do objeto real e para gerar o mapa normal, como veremos em 3.1.5. O modelo de alta densidade é criado para utilização quando se necessita de maior refinamento e proximidade com o objeto real, enquanto o modelo de baixa densidade é utilizado durante visualizações gerais de muitos ossos simultaneamente, com o objetivo de otimizar o desempenho.

Diante das características dos objetos fornecidos pelo escâner, os modelos de alta densidade e de baixa densidade são gerados pelo processo de retopologia a partir do modelo original. Chama-se retopologia¹⁵ o processo de transformar o modelo original criado pelo escaneamento, o qual é composto por um número exorbitante de polígonos trilaterais, em um modelo adequado, com superfície composta por polígonos quadriláteros. Esta etapa conta com um processo de retopologia do objeto tridimensional e a criação do mapa normal¹⁶ da peça.

¹⁵ Técnica para manipular e adaptar modelos mais complexos para uma versão mais simples, que se adapte aos ambientes virtuais.

¹⁶ Permite que um objeto tridimensional tenha sua aparência deformada a partir de um arquivo de imagem, gerando uma aparência semelhante a um objeto de resolução superior.

A *pipeline* é composta pelas seguintes etapas:



*Número de polígonos para retopologia: para baixa resolução: 1000 polígonos para os ossos menores, 3000 para os médios e 5000 para os maiores. Para alta resolução: 40000 polígonos.

3.1.4 Classificação

Devido ao volume considerável de arquivos que o procedimento proposto neste trabalho gera, faz-se necessária classificação para manter organização e fácil inserção em ambientes virtuais. Dependendo do volume de ossos digitalizados, os arquivos podem ser

organizados em um repositório, em diversos níveis (pastas). Optamos por uma pasta em um primeiro nível para classificar por região do corpo¹⁷ (Membro Superior, Membro Inferior, etc), e, no nível subsequente, uma pasta para cada osso do corpo humano onde ficarão depositados os arquivos gerados para o osso em questão: os modelos original, de alta densidade e baixa densidade além dos mapas que serão explicitados no item 3.1.5. Aqui, pode-se empregar um nível adicional caso haja múltiplos exemplares do mesmo osso.

Os ossos dos membros superior e inferior podem ser digitalizados apenas de um lado (direito ou esquerdo) observando o princípio da antimeria¹⁸ e, neste caso, deve ser devidamente registrado qual lado originalmente foi digitalizado. Os ossos do membro oposto podem ser gerados por intervenção de “espelhamento”.

3.1.5 Render da Superfície

Considerando que o escâner utilizado nesta pesquisa não capta cores, é preciso criar arquivos de imagem (mapas) capazes de dar um aspecto natural ao osso. Diante da relação de um objeto tridimensional com arquivos de imagem bidimensional, necessita-se realizar um processo conhecido como *UV Map*¹⁹: utilização de sistema de coordenadas para projetar uma imagem 2D na superfície de um modelo 3D para mapeamento de textura.

Para aproximar ainda mais a aparência do modelo de alta densidade em relação ao osso real, um conjunto de três mapas é criado²⁰ para cada osso: mapa difuso, especular e normal. O mapa difuso é produzido por pintura digital para determinar as cores presentes na superfície do modelo, exemplificado na Figura 14. O especular é produzido também por pintura digital e define o quão polido ou reflexivo o material vai aparentar em cada área, exemplificado na

¹⁷ Essa classificação, assim como o nome dos ossos, varia bastante entre os autores. Recomenda-se seguir o que já é utilizado na instituição de ensino/pesquisa.

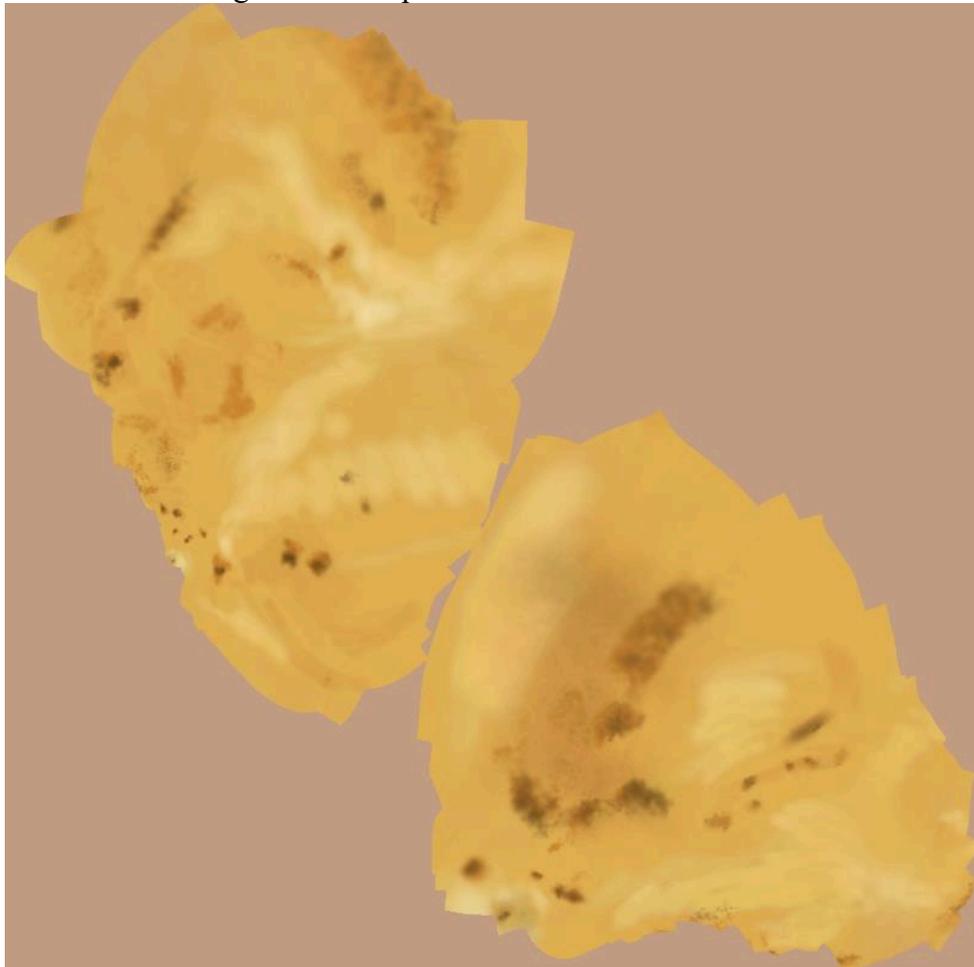
¹⁸ as metades (direita e esquerda) geradas na divisão do corpo humano pelo plano mediano são chamadas de antímeros. Essas metades são semelhantes, tanto na forma como na função (morfológica e funcionalmente), segundo o princípio da simetria bilateral (FILHO & PEREIRA, 2015).

¹⁹ Pode ser realizado em diversos *softwares* de manipulação de objetos 3D como o Autodesk 3DS Max. <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-EA10E59F-DE7F-497E-B399-6CF213A02C8D-htm.html>

²⁰ Utilizando *software* adequado para pintura e manipulação de objetos tridimensionais complexos. Cita-se Autodesk Mudbox e Pixologic ZBrush.

Figura 15. Por fim, o mapa normal²¹ é gerado por *software* a partir da comparação do modelo original com o modelo de alta densidade e determina como a luz vai interagir com a superfície, podendo dar a aparência de volumes ou depressões, sem alterar a malha tridimensional em si, o que é ilustrado na Figura 16.

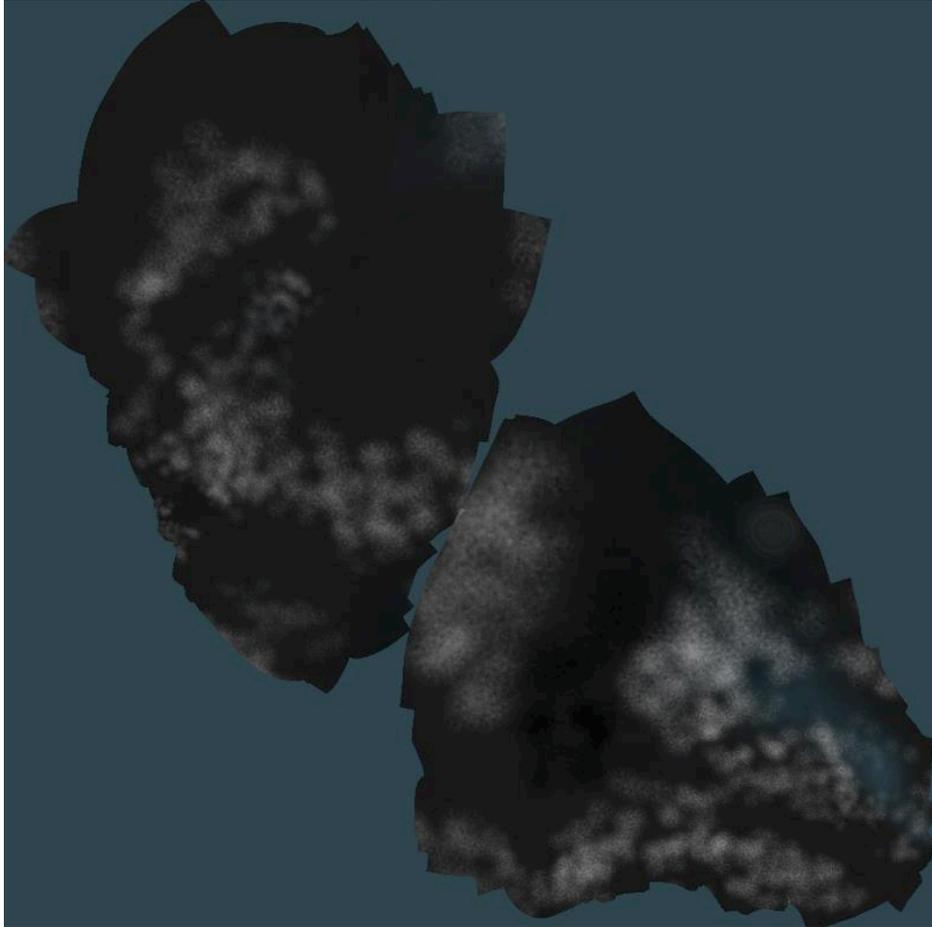
Figura 14 - Mapa Difuso do Osso Calcâneo.



Fonte: o autor.

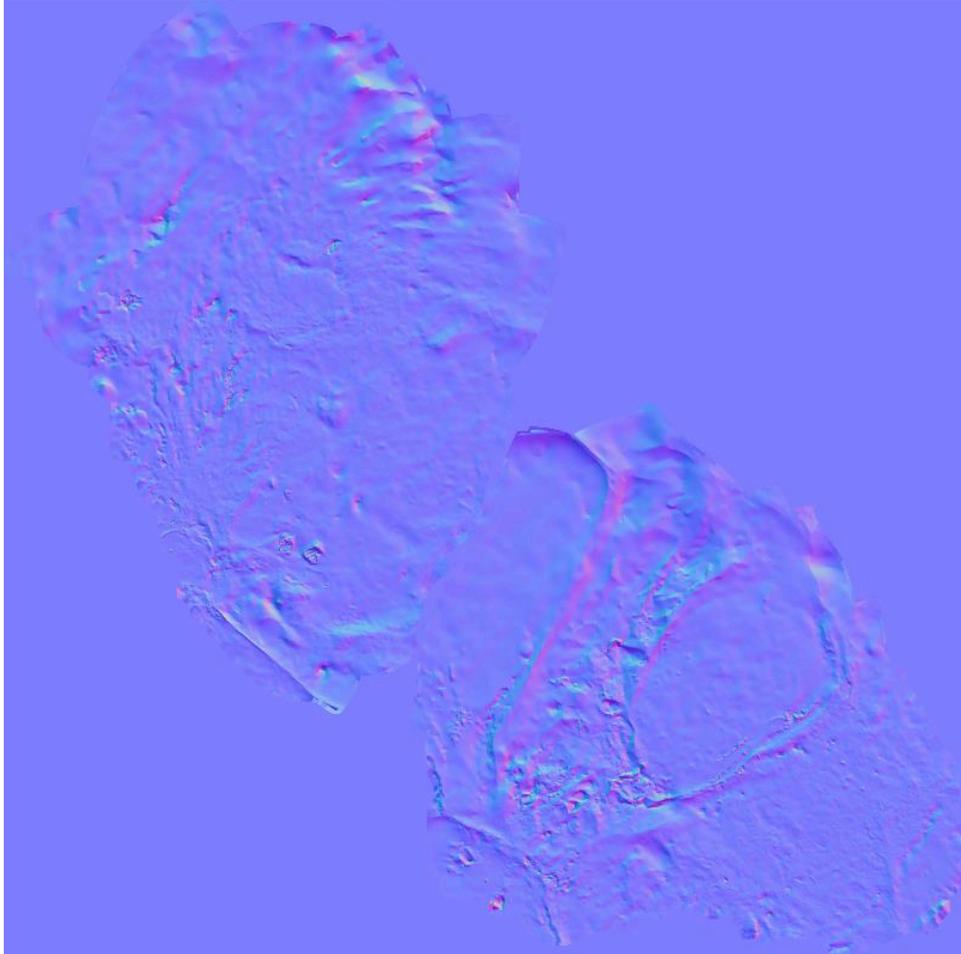
²¹ Uma imagem onde os valores RGB são utilizado para manipular as coordenadas X,Y e Z.

Figura 15 - Mapa Especular do Osso Calcâneo.



Fonte: o Autor.

Figura 16 - Mapa Normal do Osso Calcâneo.



Fonte: o Autor

Por motivos de diferentes idades e métodos de conservação, os ossos tendem a ter colorações bem variadas, variando de tons amarelo-alaranjado, acinzentados ou até marrom escuro. Buscando um padrão aplicável para os mapa difusos, desenvolvemos uma paleta de cores, apresentada na Figura 17, para ser utilizada em pintura digital, inspirada na aparência de um osso recém-extraído, mas com um amarelado leve, para salientar detalhes contidos nos ossos reais e que reflete uma aparência apropriada para o ensino.

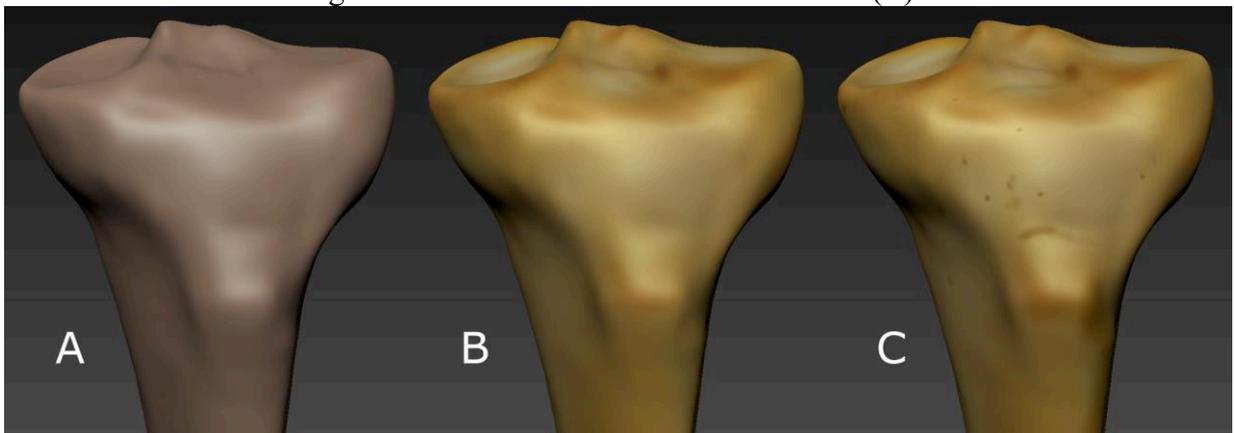
Figura 17 - Paleta de Cores Utilizada Para Pintura Digital.



Fonte: O autor.

No processo de pintura, é aplicada primeiramente uma camada de cor clara, predominante no osso, e depois são adicionados detalhes mais escuros com pincéis de variadas texturas, reproduzindo as falhas e pontos com maior desgaste, como mostra a Figura 18.

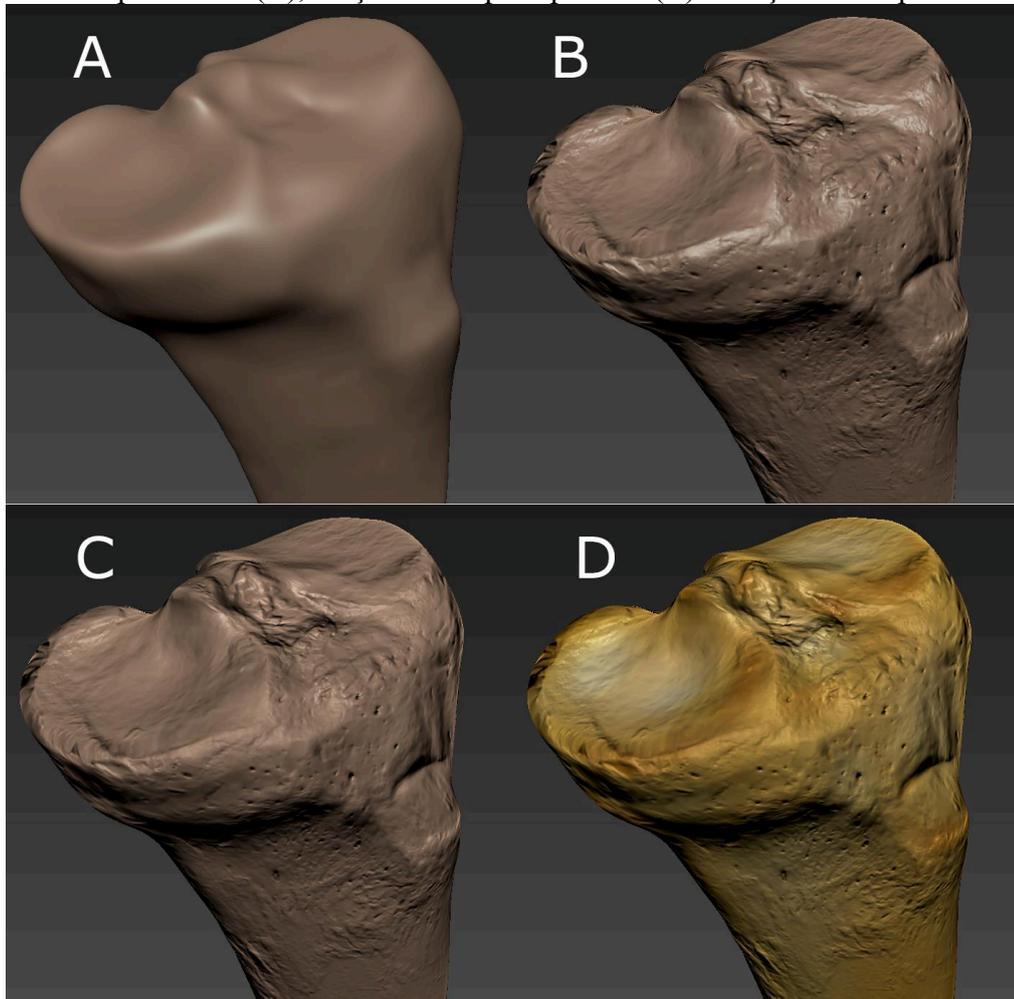
Figura 18 – Detalhe da Tíbia durante o processo de pintura digital do mapa difuso aplicado ao modelo. Modelo sem mapa (A), adição da primeira camada de cor clara (B) e adição da segunda camada com detalhes mais escuros (C).



Fonte: O autor.

A imagem é exportada em formato .PNG com resolução de 2048 ou 4096 pixels, dependendo do tamanho do osso. Essas configurações levam em consideração sua especificidade técnica amigável com ambientes virtuais e mantém a fidelidade da pintura original.

Figura 19 – Detalhe do Processo de Render da Superfície da Tíbia. Modelo sem mapas (A), adição do mapa normal (B), adição do mapa especular (C) e adição do mapa difuso (D).



Fonte: O autor.

A Figura 19 apresenta a aparência da superfície do osso no programa de edição 3D Autodesk Mudbox no decorrer do processo de Render da Superfície, ilustrando os efeitos de cada mapa criado.

3.1.6 Procedimento Complementar de Digitalização

A maior dificuldade encontrada no processo surgiu durante o processo de digitalização dos ossos menores, como as falanges. Devido ao tamanho reduzido e à composição física dos ossos, o escâner 3D utilizado não foi capaz de digitalizar essas peças com perfeição, requerendo a utilização de um procedimento complementar. Experimentou-se a possibilidade de esculpi-lo artisticamente no *software* Autodesk Mudbox a partir de um cubo (*box modelling*), utilizando-se de referência visual direta do osso. Entretanto esse método mostrou-se demorado e de baixa fidelidade com o objeto real. Por conta disso, nossa opção foi pela técnica de fotogrametria sem base de calibração. Ao empregar esta técnica, a modelagem 3D depende de interferência artística baseada em fotos de alta resolução, aqui obtidas com Câmera Sony Alpha 850 DSLR equipada com lente 70-300mm para a menor distorção/perspectiva na imagem, conforme Figura 20.

Figura 20 - Câmera Sony Alpha 850 DSLR equipada com lente 70-300mm.



Fonte: o autor.

Os modelos produzidos por fotogrametria sofrem uma alteração no processo de render da superfície, no qual é gerada apenas a versão de malha de densidade alta e baixa. Devido à ausência do modelo tridimensional criado pelo escâner 3D, o mapa normal é feito manualmente. Com o auxílio do *software* Autodesk Mudbox, é possível modelar texturas tridimensionais diretamente na malha, e a partir dela gerar um mapa normal.

4 RESULTADOS

Este capítulo apresenta a aplicação dos procedimentos de digitalização propostos neste trabalho e apresenta comparações visuais para observar diferenças entre os modelos resultantes da aplicação dos procedimentos deste trabalho versus modelos criados por meio de digitalização por imagens clínicas. Também aborda o design de um ambiente virtual feito a fim de observar a percepção do usuário final quanto a correspondência na aparência visual da representação virtual tridimensional com o osso real e o design de ambiente virtual que nos possibilite apresentar os modelos tridimensionais gerados aos estudantes de anatomia.

Para apresentar sua aplicação, todo o procedimento de digitalização dos ossos foi executado em todos os ossos do corpo humano, formando um repositório completo de ossos tridimensionais virtuais.

4.1 REPOSITÓRIO DE OSSOS VIRTUAIS 3D

Para apresentar a aplicação dos procedimentos apresentados neste trabalho, iniciamos pela etapa de Digitalização do Objeto Real. Os ossos foram trazidos do laboratório de anatomia da Universidade Federal de Santa Catarina para o laboratório DesignLab, na mesma universidade, para escaneamento 3D. A escolha dos ossos ocorreu, para os primeiros testes, em função da sua disponibilidade na sala de estudos do Laboratório de Anatomia do Departamento de Morfologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como mostra a Figura 21. Posteriormente, com o procedimento estabelecido, selecionamos os ossos de um único cadáver em bom estado de conservação para a digitalização definitiva.

Figura 21 - Estante no Laboratório de anatomia de onde foram selecionadas as primeiras peças para digitalização.



Fonte: o autor.

Como esperado, algumas áreas dos ossos, em especial as cavidades, requereram interferências artísticas e computacionais para obtenção de uma superfície do objeto virtual 3D (malha) completa, requerendo atenção especial a regiões muito densas e com pequenos buracos. A etapa de Refinamento é minuciosa exige bastante atenção e foi realizada utilizando o *software* do próprio fabricante do escâner 3D.

Já na etapa de Tratamento do Osso 3D, optamos pelo *software* Autodesk Mudbox, utilizando suas ferramentas de retopologia para gerar os modelos de alta densidade e de baixa densidade. Percebeu-se que quando esta etapa não apresentava o resultado esperado, o problema estava relacionado a falhas no refinamento correto de alguma região na etapa anterior, o que indica a necessidade de voltar, nestes casos, à etapa de Refinamento.

Na etapa de Classificação, os arquivos digitais foram organizados em pastas de acordo com nomenclatura utilizada por Netter (2000). A opção é justificada por ser este um dos autores utilizados como referência nas disciplinas ministradas pelo Departamento de Ciências Morfológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Após refinado e catalogado, cada osso digitalizado segue para o processo de Render da Superfície para aproximar ainda mais a aparência do modelo de alta densidade ao osso real. Após preparação do *UV Map*, realizado no Autodesk 3DS Max, o conjunto de mapas (difuso, especular e normal) foi produzido e arquivado no repositório.

Considerando o tamanho reduzido e a composição física dos ossos menores, como as falanges, utilizou-se procedimento complementar, optando por fotogrametria sem base de calibração. Sobre uma mesa de um local bem iluminado, o osso é posicionado sobre uma folha branca, dobrada verticalmente para gerar um fundo liso. São fotografados os ângulos da frente e verso, lateral direita e esquerda, ângulo inferior e superior do osso, como exemplificado na Figura 22.

Figura 22 - Fotos obtidas de ângulos ortogonais de uma Falange Média do dedo V do membro inferior direito.



Fonte: o autor.

Ressalta-se o cuidado ao manter o alinhamento nas rotações das fotografias, pois isso impacta na fidelidade da modelagem em relação ao objeto real. Após todo este procedimento, as imagens são inseridas em *softwares* da Autodesk 3DS Max e Mudbox para modelagem e inserção no repositório.

4.2 COMPARATIVO DE RESULTADOS

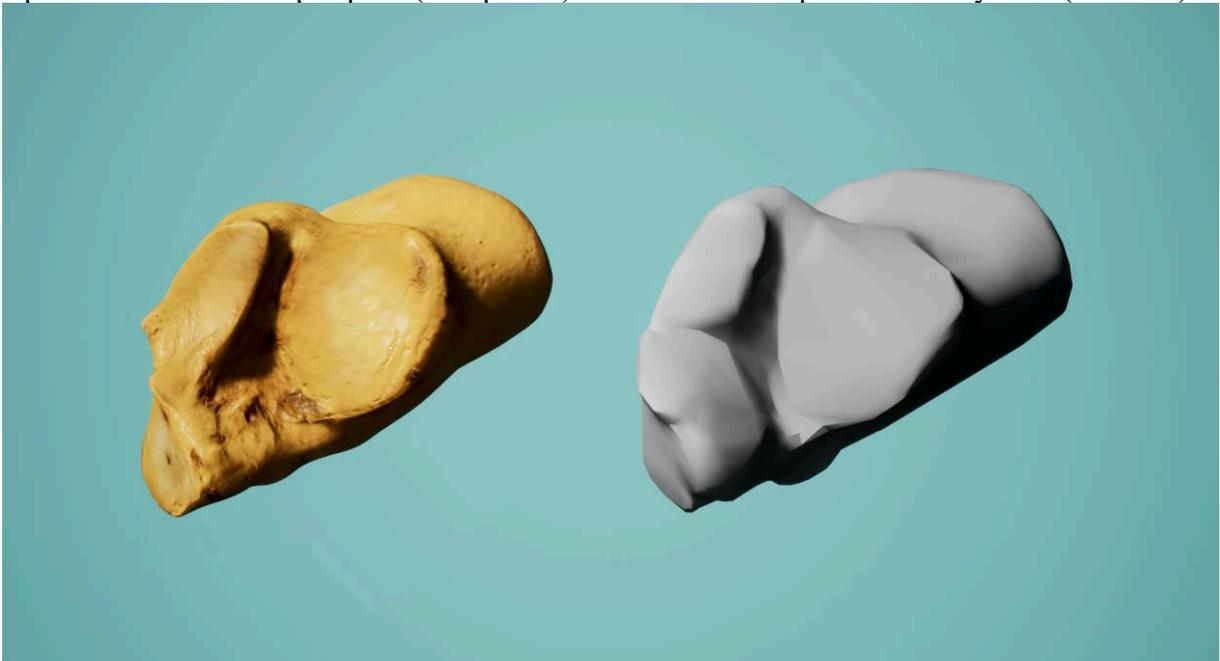
Diante da necessidade de correspondência na aparência visual da representação virtual tridimensional com o osso real encontrado em laboratório de anatomia e diante do conhecimento de que, retomando Ghosh (2017), imagens e modelos tridimensionais

devidamente processados de forma apropriada são capazes de oferecer uma poderosa ferramenta de ensino/aprendizagem em anatomia, apresentamos na Figura 23, Figura 24 e Figura 25 uma comparação de resultados dos modelos tridimensionais gerados a partir dos procedimentos propostos nesta pesquisa com os modelos advindos da aquisição e processamento de imagens médicas.

Os modelos advindos do processamento de imagens médicas pertencem ao repositório BodyParts²², produzido a partir de um conjunto de corpo inteiro de imagens de ressonância magnética com intervalo de 2 mm de um indivíduo masculino adulto (MITSUHASHI ET AL., 2009).

Os modelos foram inseridos no mesmo ambiente virtual simultaneamente um ao lado do outro. Ou seja, estão à mesma distância do ponto de observação (câmera) sob a mesma fonte de luz.

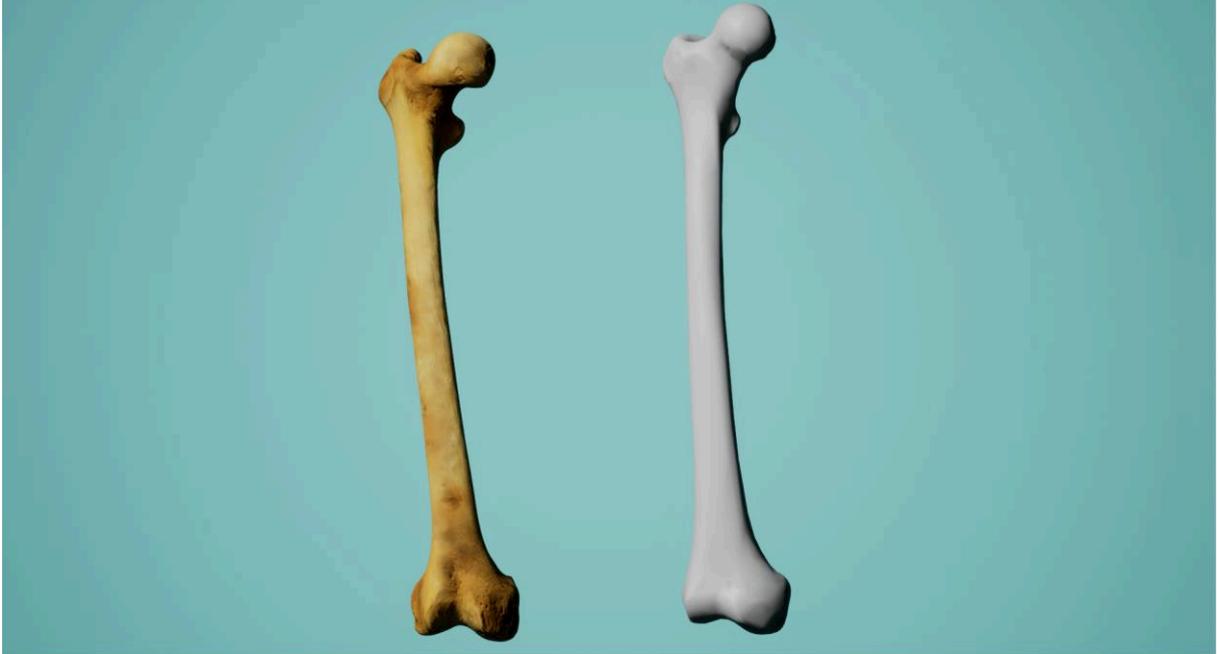
Figura 23 - Comparativo do Osso Calcâneo Virtual Tridimensional produzido com os procedimentos desta pesquisa (à esquerda) com o osso do repositório BodyParts (à direita).



Fonte: o autor.

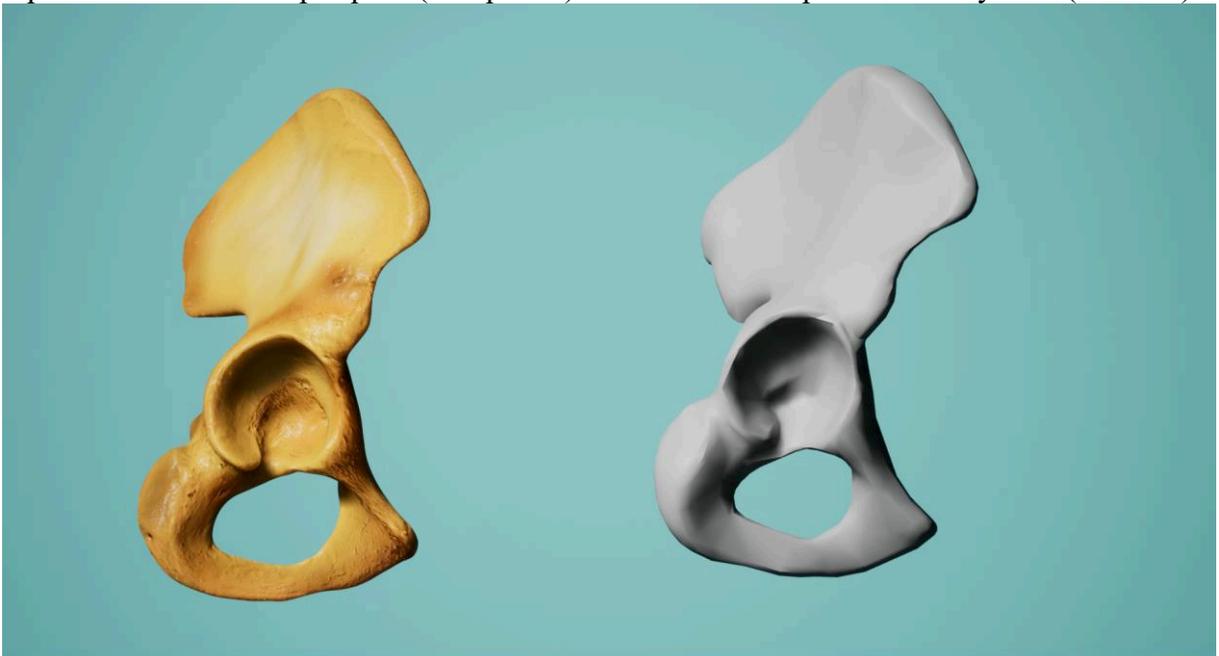
²² "BodyParts3D, © The Database Center for Life Science licensed under CC Attribution-Share Alike 2.1 Japan".

Figura 24 - Comparativo do Osso Fêmur Virtual Tridimensional produzido com os procedimentos desta pesquisa (à esquerda) com o osso do repositório BodyParts (à direita).



Fonte: o autor.

Figura 25 - Comparativo do Osso do Quadril Virtual Tridimensional produzido com os procedimentos desta pesquisa (à esquerda) com o osso do repositório BodyParts (à direita)



Fonte: o autor.

Ao observar atentamente as comparações apresentadas, percebemos que os modelos produzidos pelo procedimento apontado nesta pesquisa distinguem-se especialmente por uma forma mais refinada e pelo nível de detalhamento com que é representada a superfície dos ossos (representando fielmente quais regiões são porosas e quais são lisas). Distinguem-se também pelo uso dos mapas criados especificamente para que cada osso tenha um material que promova um comportamento natural com a luz, enquanto os modelos criados por imagens médicas não possuem informações que promovam esse comportamento. Percebemos, portanto, que o procedimento adotado resultou em modelos virtuais tridimensionais com melhor qualidade gráfica que aqueles produzidos por meio de imagens clínicas.

Considerando que nos propomos a discutir se a equivalência visual entre o digital e o real é contemplada (analisar a verossimilhança dos ossos virtuais tridimensionais sob o olhar do usuário) e se a implementação dos ossos virtuais em ambientes digitais de ensino/aprendizagem é viabilizada, necessita-se de um ambiente virtual que sirva como meio para apresentação dos resultados da aplicação dos procedimentos apontados neste trabalho. Este ambiente virtual nos permite observar a viabilidade da implementação dos ossos virtuais em ambientes digitais de ensino e servirá de suporte para que os estudantes interajam com os ossos virtuais, permitindo analisar a verossimilhança dos ossos virtuais tridimensionais sob o olhar dos discentes. Neste sentido, tratamos do design de um ambiente virtual em 4.3.

4.3 DESIGN DE UM AMBIENTE VIRTUAL

Observando os aplicativos descritos no item 2.3, constatou-se a necessidade de materiais didáticos adequados devido à ausência de materiais considerados satisfatórios por conta da qualidade insatisfatória dos modelos que estão no mercado e da baixa interatividade, apresentando potencial limitado para aprimorar a forma como alunos de medicina estudam a anatomia dos ossos. O fato de serem ferramentas pouco interativas torna os aplicativos analisados frágeis diante do material que o aluno estuda nas dependências do laboratório de anatomia, oferecendo baixo nível de imersão aos usuários.

Para apresentar a viabilidade da implementação do repositório de ossos em ambientes virtuais de ensino/aprendizagem, foi desenvolvido um aplicativo interativo orientado pelo

design de *games*, de modo a permitir de forma imersiva ao usuário manusear os ossos virtuais tridimensionais. Além da interação com o modelo virtual, o ambiente se faz necessário para a visualização dos ossos virtuais devido à integração do objeto tridimensional com os mapas (difuso, especular e normal) requerer um sistema de materiais e simulação de luz. O aplicativo criado como ambiente virtual para apresentação dos modelos tridimensionais tornou-se subproduto da presente pesquisa²³.

Dentre as metodologias pesquisadas para o desenvolvimento do *game*, destacamos as diretrizes de projeto de Mendes (2012), que divide o processo, conforme ilustrado na Figura 26, em duas fases: 1. Fundamentação Teórica e 2. Análise da Teoria e Elaboração de Diretrizes. As diretrizes estão focadas no levantamento bibliográfico, que pode ser utilizado em aspectos que podem ser aplicados em jogos digitais e abordagens pedagógicas.

Figura 26 - Diretrizes de Projeto de Design para *Games*.



Fonte: Mendes, 2012.

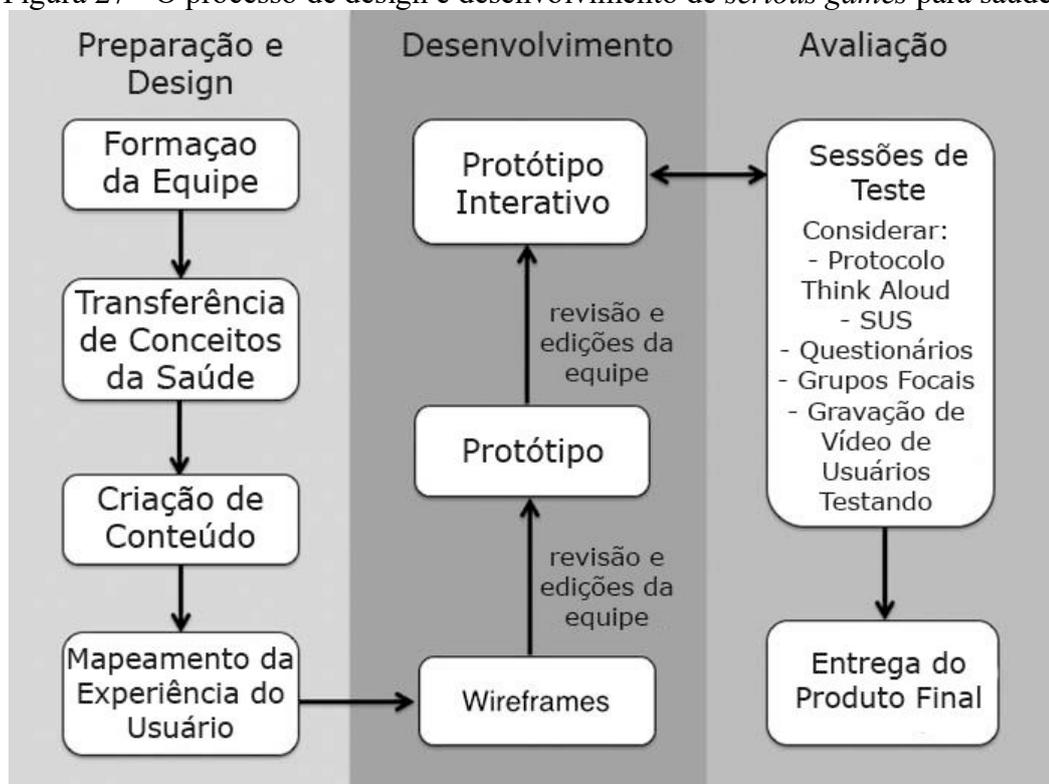
Entretanto, salienta-se que a presente pesquisa não é somente guiada pela transferência de conceitos técnicos apontados na bibliografia, mas também é complementada pela experiência de professores e alunos com o conteúdo, exigindo também etapas de testes e ajustes.

A estrutura de trabalho de Westera et al. (2008) divide o processo em setores: conceitual, técnico e prático. Esta estrutura aborda de forma complementar as especificidades do aluno, do professor e do desenvolvedor do *game*. Observa-se que a estrutura apresentada está focada em *games* baseados em cenários, ou seja, imersão do jogador em uma situação na qual o usuário deve tomar decisões para lidar com a situação apresentada. Esta metodologia também é adotada, com a finalidade de adequar-se melhor às necessidades já expostas.

²³ Demonstração em vídeo dos ossos tridimensionais inseridos no aplicativo: <https://youtu.be/qtnq-PwyLIE>

Os procedimentos metodológicos da presente pesquisa foram orientados segundo processo de design e desenvolvimento apontados por Olszewski & Wolbrink (2017), escolhido por abordar um processo de design especificamente para *serious games* enquanto trata conceitos relacionados à área da saúde, conforme ilustra o fluxograma na Figura 27.

Figura 27 - O processo de design e desenvolvimento de *serious games* para saúde.



Fonte: adaptado de Olszewski & Wolbrink (2017).

Olszewski & Wolbrink (2017) destacam que dentro deste processo estão englobados:

- Formação da Equipe: Identificar e recrutar os membros apropriados necessários para desenvolver os componentes técnicos e o conteúdo com foco na saúde.
- Transferência de Conceitos da Saúde: Como um dos principais desafios descritos no desenvolvimento de jogos para saúde é a dificuldade em transmitir conceitos empregados na área para desenvolvedores que não são desta área, a transferência de conceitos da saúde ajuda a orientar os desenvolvedores de jogos para que as informações sejam compartilhadas ou processadas para serem utilizadas.

- c) Criação de conteúdo: O conteúdo é desenvolvido e aprovado por profissionais de saúde com experiência na área, idealmente com base em um design instrucional apropriado.
- d) Mapeamento da experiência do usuário: O desenvolvedor do jogo e a equipe de “experts” em saúde discutem e determinam de forma colaborativa a funcionalidade, o fluxo, o feedback e a pontuação do jogo com base na teoria dos jogos e na modelagem de jogos proposta.
- e) *Wireframes*: São ilustrações de componentes que auxiliam na comunicação visual e no design da estrutura, funcionalidade e interface do aluno.
- f) Protótipo: Envolve a produção de uma série de sistemas parciais no início do ciclo de desenvolvimento para facilitar as discussões da equipe sobre design e funcionalidade, permitindo que as alterações sejam feitas facilmente ao protótipo.
- g) Protótipo Interativo: Alimentado pelo feedback do teste de usabilidade, esta etapa visa resolver *bugs*, problemas de usabilidade e modificações de conteúdo no protótipo iterativo. Conforme o protótipo é revisado, novas rodadas de testes podem ser empregadas.
- h) Sessões de testes: O teste formal de usabilidade é conduzido para identificar conteúdo, design, funcionalidade e problemas de usabilidade com o jogo.
- i) Entrega do produto final: Depois que o teste de usabilidade estiver concluído e todas as correções tiverem sido feitas, o produto final será entregue para teste beta e / ou lançamento. Validação, aceitação e avaliação de ganhos educacionais são frequentemente realizadas após o lançamento, assim como o detalhamento do projeto para edições adicionais no jogo.

4.4 DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS

Com um melhor entendimento do design de ambiente virtual para estudo em anatomia óssea, faz-se necessário um melhor entendimento técnico do contexto de desenvolvimento de ambientes virtuais. Considerando a necessidade de os ossos serem destinados a aplicativos com alta interatividade e a facilidade de processos de programação, optou-se pelo desenvolvimento

do aplicativo em *engines de games*, ou motores de jogos, pela simplicidade da implementação dos modelos virtuais criados no aplicativo, resultando em um aplicativo que pode ser caracterizado como um *serious game*. A escolha da *engine de game* depende de alguns fatores como o dispositivo onde será utilizado, fidelidade, performance e a acessibilidade com a lógica de programação da *engine*. No mercado, duas plataformas se destacam: *Unity* e *Unreal Engine*.

4.4.1 Escolha da *Engine* em Relação ao Dispositivo

Salienta-se primeiramente que o aplicativo aqui desenvolvido para apresentar a aplicação do repositório de ossos virtuais é destinado a computadores com sistema operacional Windows 10 com o objetivo de apresentar o potencial de aplicação dos modelos gerados além da vasta consolidação no mercado. Neste perfil, o desenvolvimento é possível tanto utilizando *Unreal Engine* quanto *Unity*.

O desenvolvimento para outros sistemas operacionais como Mac e Linux (não previstos na presente pesquisa) também é possível em ambas as *engines*, pois oferecem suporte nativo aos principais sistemas operacionais. Consoles da atual geração como Playstation 4, Xbox One, Nintendo Switch, entre outros, também são suportados pelas duas *engines*. O mesmo é válido para os sistemas operacionais móveis Android e iOS, além de plataformas de realidade virtual.

No caso da *Unreal Engine*, vale destacar que seu código é aberto. Portanto, mesmo se não existir suporte nativo para o dispositivo pretendido, é possível que os desenvolvedores criem maneiras de fazer com que a aplicação funcione em plataformas não suportadas oficialmente, mesmo que com menor confiabilidade.

4.4.2 Fidelidade e Performance

A alta fidelidade em aplicativos de ensino e/ou treinamento é normalmente vista como desejável em situações em que é necessário transferir o conhecimento aprendido no ambiente virtual para situações do mundo real; e quanto mais próxima for a semelhança entre o espaço real e o virtual, mais eficaz será a transferência de aprendizado. Observa-se um vínculo entre

transferência de aprendizado e verossimilhança da atividade de aprendizado, que promove a imersão no conteúdo de alta fidelidade, tornando-se assim um mecanismo de promoção do engajamento do estudante (PETRIDIS, DUNWELL, DE FREITAS, & PANZOLI, 2010).

Neste sentido, há de se considerar a questão de performance de *software* para desktop utilizando modelos 3D ao combinar desempenho gráfico com taxa de quadros satisfatória. Há de ponderar também quanto à disposição de ferramentas para configuração de modelos e iluminação satisfatórios para implementação dos ossos virtuais produzidos na aplicação dos procedimentos desta pesquisa.

Embora ambas as *engines* possuam potencial neste sentido, nota-se um destaque para a *Unreal Engine* como detalharemos na seção seguinte. Já na *Unity* destaca-se o tratamento de jogos voltados para dispositivos móveis em 2D, principalmente pelas ferramentas de criação bidimensional e pela performance dos jogos 2D em celulares.

4.4.3 Programação dos jogos

O desenvolvimento de jogos para ensino/treinamento pode envolver tanto designers como programadores. A capacidade de suportar desenvolvedores com conhecimento restrito de programação é relevante para a escolha de *engine* (PETRIDIS ET AL., 2010).

Uma das principais diferenças entre *Unity* e *Unreal Engine* evidencia-se na criação da lógica do jogo. A *Unity* apresenta-se com uma forma tradicional de criação da programação por meio da pura escrita de código em C#. Este fato pode tornar a *Unity* uma poderosa ferramenta para profissionais com amplo domínio de lógica de programação²⁴ orientada a objetos. Por outro lado, a *Unreal Engine* oferece a possibilidade de criar todo o jogo com conhecimento menos amplo de programação. Por meio das *Blueprints*, espécie de fluxogramas, o autor pode adicionar e conectar nodos²⁵ para programar o comportamento dos objetos do jogo, como apresenta a Figura 28.

²⁴ Sequências de comandos criados mediante linguagens de programação que são lidas pelo computador

²⁵ Trechos de programação convertidos para uma interface gráfica

Figura 28 - Exemplo de Blueprint na *Unreal Engine*.



Fonte: o Autor.

A programação usando as *Blueprints* oferece uma forma simples e rápida de elaborar a lógica do jogo. Orientada a objetos e com palavras chave familiares aos programadores, há a possibilidade também de programar usando C++ e mesclar o código com os nodos das *Blueprints*.

No caso da *Unity*, é necessário ter certa experiência com linguagens de programação, de preferência a usada pela *engine*. Mesmo que seja possível configurar cenários e objetos por intermédio da interface gráfica, a maior parte lógica será feita por meio da programação em C#.

Portanto, observa-se que a familiaridade com linguagens de programação pode ser um fator relevante para a escolha da *engine* a ser utilizada.

4.5 FORMAÇÃO DA EQUIPE

Contamos com a colaboração de diversos pesquisadores do DesignLab, especialmente no desenvolvimento de interface, identidade visual, entre outros aspectos do design de um aplicativo. Cita-se aqui Nicolas Canale Romeiro, Gabriela Zanella Leal, Victor Nassar, Jonathan Ken Nishida, André Salomão, Daniel V. Campos, Pedro Menin, Tainá Bueno, Luisa Costa, Cassiano Canhetti e Raquel Ghizzo de Souza.

Além do orientador, o desenvolvimento deste aplicativo foi apoiado por professores do departamento de morfologia da UFSC, cita-se Dr^a Rosane Porto Seleme Heinzen, Dr^o

Hamilton Emídio Duarte e Dr^a Ana Paula Marzagão Casadei especialmente na transferência de conceitos médicos, como trataremos a seguir.

4.6 TRANSFERÊNCIA DE CONCEITOS MÉDICOS

Para maior compreensão dos conceitos da área da saúde e dos seus processos de ensino, optamos por pedir consultoria aos professores do centro de morfologia da UFSC e aos professores das disciplinas ligadas ao laboratório de anatomia.

Os conceitos e os autores relevantes para o estudo de anatomia foram mapeados em reuniões com os professores do departamento de ciências morfológicas da UFSC e em visitas aos laboratórios anatômicos.

Os conhecimentos relacionados às principais atividades didáticas foram apropriados para esta pesquisa por intermédio dos planos/roteiros de aulas e de visitas como observador participante durante as aulas de anatomia: Teoria do Sistema Esquelético, Prática do Esqueleto Axial, Prática do Esqueleto Apendicular.

Estas reuniões e visitas foram essenciais para o mapeamento de conceitos e informações sobre o ensino da anatomia que orientem o desenvolvimento do *game*.

4.7 PRODUÇÃO DE CONTEÚDO

A produção central de conteúdo do aplicativo está direcionada para digitalização 3D dos ossos do corpo humano, para que sejam reproduzidos fielmente no ambiente virtual.

Aqui o conteúdo é norteado novamente pela nomenclatura de Netter (2000), por ser o autor utilizado como referência nas disciplinas ministradas pelo Departamento de Ciências Morfológicas da Universidade Federal de Santa Catarina. Em versões posteriores, o aplicativo poderá apresentar a nomenclatura adotada por outros autores, mas para fins de desenvolvimento, não questionamos a classificação de Netter, adotada no curso.

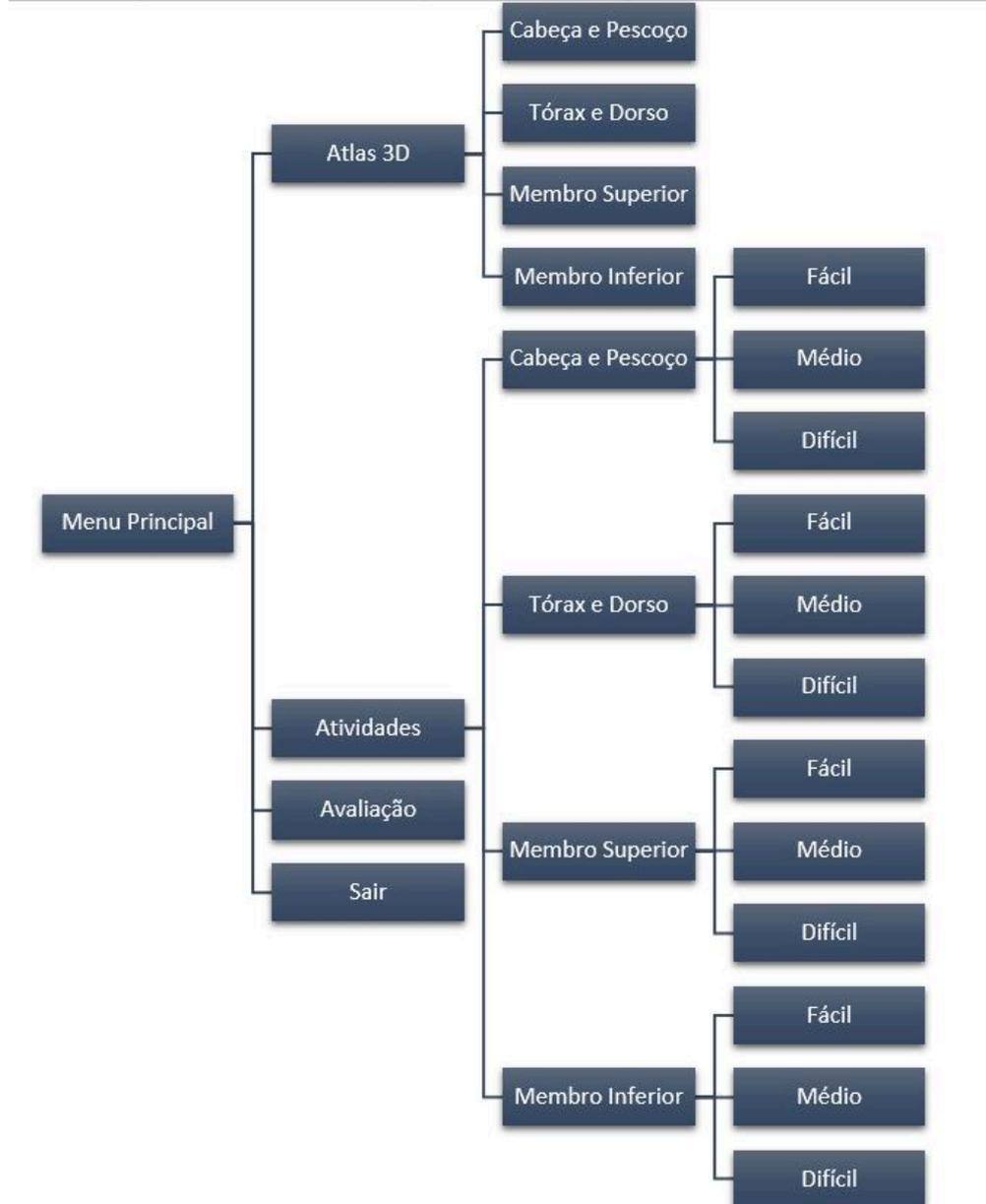
A produção do conteúdo também é caracterizada pela organização das informações a serem apresentados ao usuário do aplicativo, como o nome dos ossos, seus acidentes ósseos e

informações complementares como sua classificação. Todo este conteúdo está organizado em planilhas dentro do documento de design do aplicativo, anexado no item apêndice B.

4.8 MAPEAMENTO DA EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

A experiência do usuário consiste em percorrer os menus estruturados para acessar o modo desejado e posteriormente a região do corpo desejada. Cada região conta com os ossos dispostos para seleção, onde ocorre o aprofundamento do conteúdo. O primeiro mapeamento da experiência do usuário é ilustrado pelo fluxograma da Figura 29.

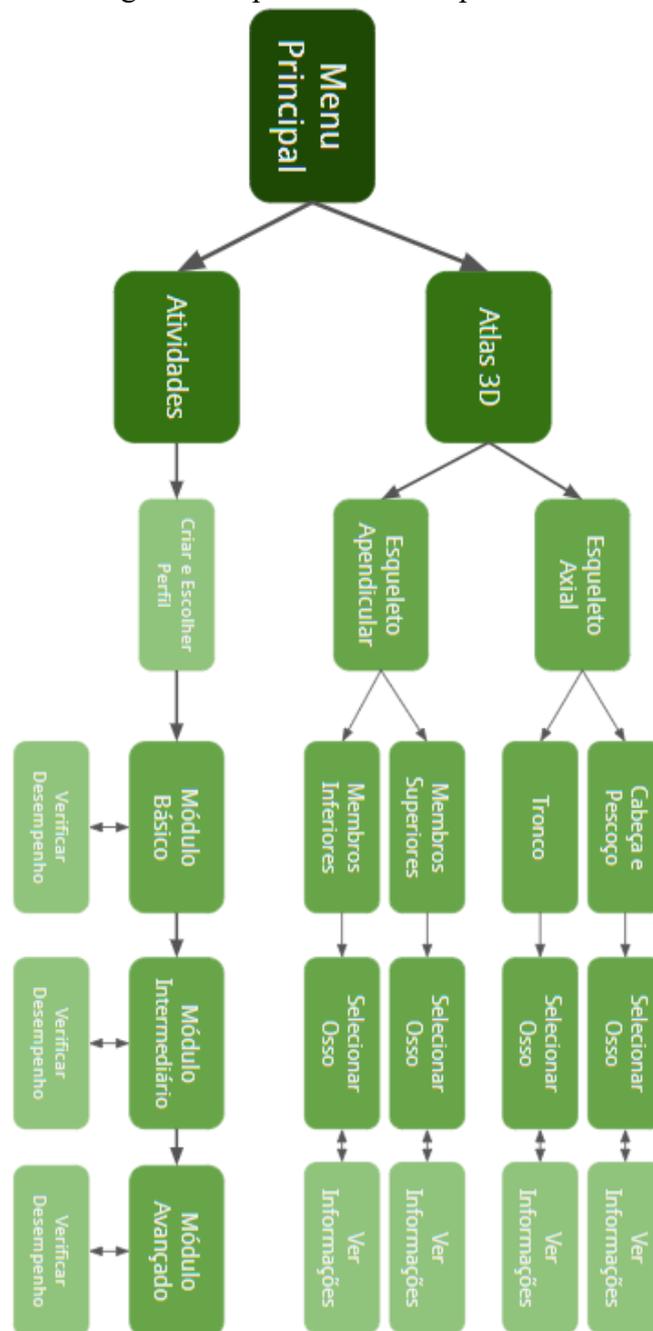
Figura 29 – Primeiro Mapeamento da Experiência do Usuário.



Fonte: o Autor.

Com o amadurecimento do projeto, um segundo mapeamento da experiência do usuário foi desenvolvido, apresentado na Figura 30.

Figura 30 - Segundo Mapeamento da Experiência do Usuário.



Fonte: o Autor.

As questões específicas da experiência do usuário, o design, os recursos preliminares que planejamos para o aplicativo estão contempladas no primeiro documento de design deste aplicativo: o GOD (*Game Overview Document*) apresentado no apêndice A. Com o

amadurecimento do aplicativo, desenvolveu-se o segundo documento de design: o GDD (*Game Design Document*) apresentando no apêndice B.

4.9 WIREFRAMES

As ilustrações referentes aos menus e à identidade visual do game são apresentadas na Figura 31.

Figura 31 - *Wireframe* dos Menus do Aplicativo. Produzido por Luisa Costa.



Fonte: o Autor.

As primeiras ilustrações referentes à interface e à comunicação visual do atlas do *game* estão ilustradas na Figura 32.

Figura 32 - *Wireframe* Interface para Osso Calcâneo. Produzido por Luisa Costa.



Fonte: o Autor.

Nesta etapa também foram desenvolvidas ilustrações referentes ao jogo e sua ambientação, a fim de fortalecer a imersão e o engajamento dos alunos, que estão exemplificadas na Figura 33.

Figura 33 - *Wireframe* da Interface para as Atividades. Produzido por Luisa Costa.



Fonte: o Autor.

O desenvolvimento destas *wireframes* permitiram discussões a respeito do design do jogo, gerando mudanças a serem implementadas no protótipo interativo.

4.10 PROTÓTIPOS

Neste projeto, optamos pela *Unreal Engine* devido a sua plena capacidade de desenvolvimento para computadores desktop com sistema operacional Windows, por sua performance capaz de comportar um sistema com modelos de alta fidelidade e pelo perfil do autor em aprender o desenvolvimento em *Blueprints (Unreal Engine)* ao invés de um longo estudo em linguagem de programação C# (*Unity*), conforme foi descrito no item 4.4.3.

Para este trabalho, a disponibilidade de suporte para outras plataformas não é um fator decisivo na escolha de qual ferramenta de desenvolvimento utilizar. Mesmo diante do lançamento de novos dispositivos no mercado, o ciclo de atualizações das *engines* analisadas são relativamente semelhantes.

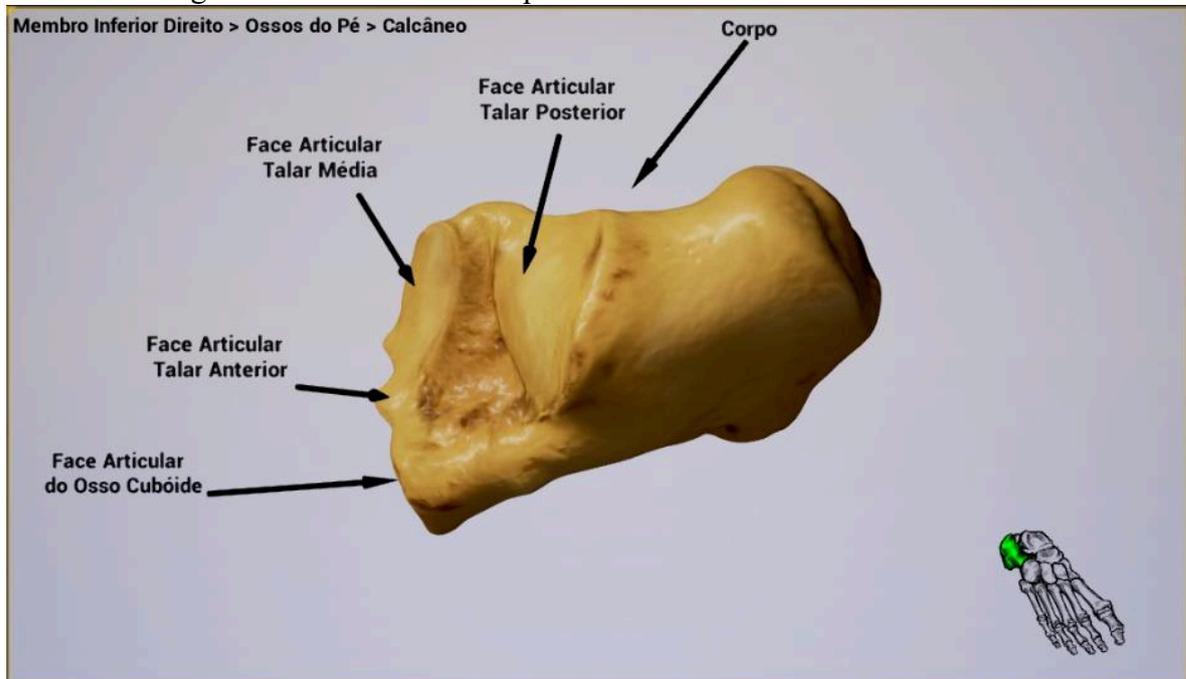
De modo geral, é possível atingir uma ampla gama de plataformas com ambas *engines* analisadas. Logo, o suporte ao sistema desejado não se demonstrou decisivo na hora escolha de qual das ferramentas usar para o desenvolvimento do aplicativo.

Em questão de performance e ferramentas de desenvolvimento, observam-se questões favoráveis à opção pela *Unreal Engine*, entretanto não foi apenas este aspecto que nos fez optar por esta *engine*, mas também a criação da programação, como trataremos a seguir.

Diante disto e da performance de *software*, optamos pelo desenvolvimento em *Unreal Engine* por adequar-se melhor aos conhecimentos de linguagens de programação do autor desta pesquisa e por seu desempenho gráfico.

O desenvolvimento do primeiro protótipo relacionado a este projeto, com base no *Game Overview Document* (GOD), contempla o design, os recursos que o aplicativo apresentará e as respostas dadas pelo aplicativo diante dos comandos do usuário (input / output). Este primeiro protótipo foi desenvolvido com a finalidade de testar a viabilidade técnica do aplicativo e de facilitar as discussões referentes ao design do mesmo, sem nos preocuparmos com interface e usabilidade. Este primeiro protótipo permite apresentar ao programador as funcionalidades esperadas para o aplicativo e permite a visualização esperada para os ossos, como ilustrado na Figura 34.

Figura 34 - Primeiro Protótipo da Tela de Atlas do Osso Calcâneo.

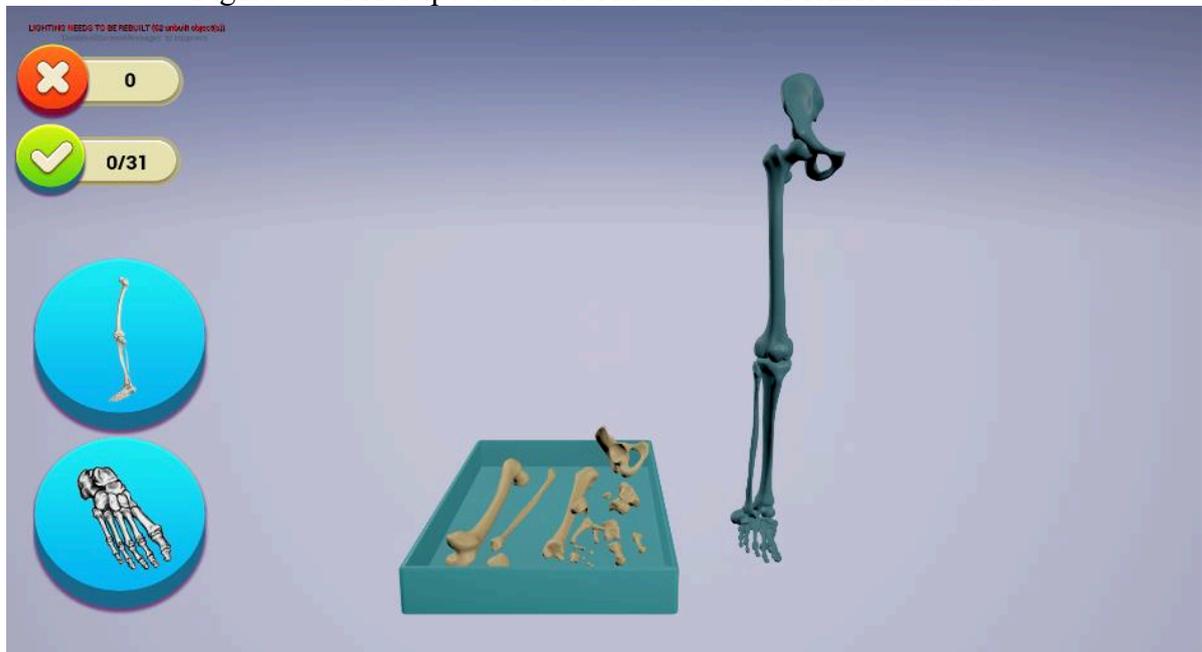


Fonte: o Autor.

Neste protótipo é possível interagir com a peça 3D para visualização de qualquer ângulo. As informações referentes aos acidentes ósseos acompanham o movimento da peça e ficam ocultos quando são indesejados.

Também foi desenvolvido um protótipo do modo “Atividades” para apresentar as capacidades de interação dos modelos de baixa definição. Neste protótipo o usuário pode selecionar os ossos dispostos em uma caixa e posicioná-los no gabarito ao lado, como apresentado na Figura 35.

Figura 35 - Protótipo do Modo Atividades do Membro Inferior.



Fonte: o Autor.

Estes protótipos permitiram discussões a respeito do design do jogo, além de um melhor mapeamento da experiência do usuário, de identificação de erros e de mudanças a serem implementadas no protótipo interativo.

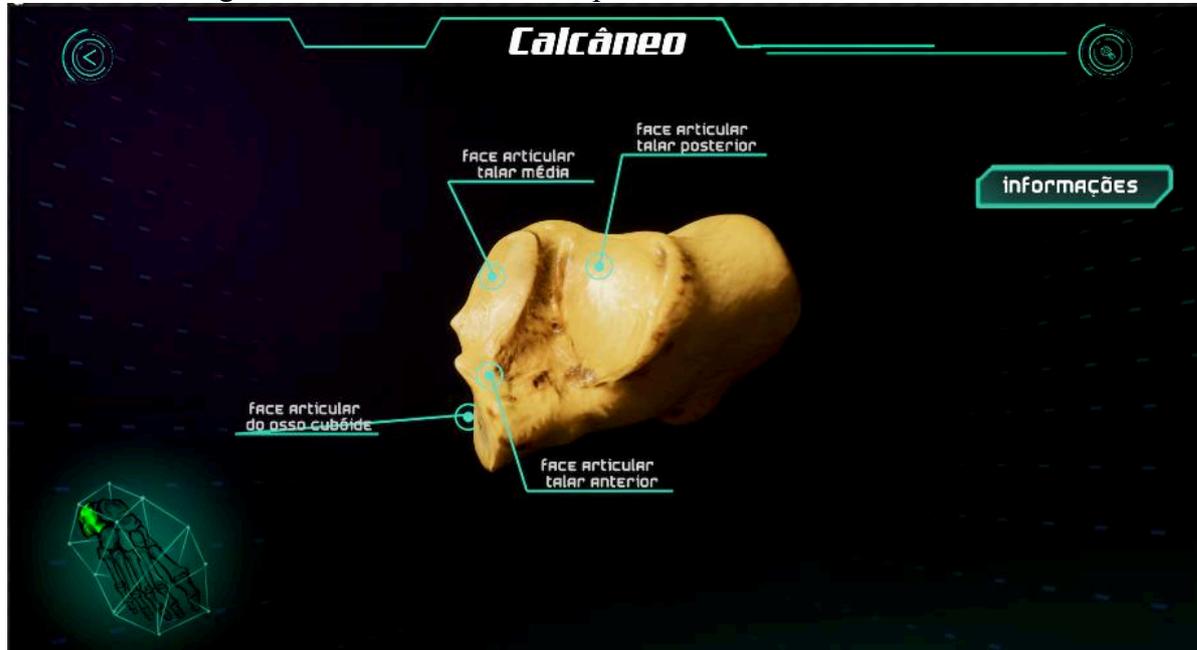
Desenvolveu-se também um protótipo simplificado com o auxílio do Adobe XD²⁶ para observar o funcionamento do mapeamento da experiência do usuário.

4.11 PROTÓTIPO INTERATIVO

Com o amadurecimento da pesquisa promovido pela fase anterior, mudanças foram apontadas e documentadas no segundo documento de design do aplicativo: o GDD (*Game Design Document*). O desenvolvimento do segundo protótipo conta com uma documentação mais completa, implementada na fase de desenvolvimento do protótipo interativo. Nesta fase realizou-se primeiro o desenvolvimento de toda a interface destinada a um único osso, para ser replicada aos demais, como ilustra a Figura 36:

²⁶ O Adobe XD é uma ferramenta desenvolvida para criar designs e protótipos de experiências de usuário.

Figura 36 - Interface do Protótipo Interativo do Osso Calcâneo.



Fonte: o Autor.

Para a fase de testes, desenvolveu-se o modo Atlas 3D do Membro Inferior completo, cuja programação deverá ser aproveitada para implementação das demais regiões do corpo humano.

4.12 FASE DE TESTES

Com o protótipo pronto para ser utilizado, realizamos uma pesquisa conduzida utilizando métodos quantitativos, realizando análise descritiva, com solicitação de preenchimento de questionário pelos estudantes, procurando coletar dados que demonstrassem correspondência reconhecida na aparência visual da representação virtual tridimensional com o osso real encontrado em laboratório de anatomia. Devido à integração deste trabalho com os materiais didáticos e práticas acadêmicas adotadas no curso de graduação em medicina na Universidade Federal de Santa Catarina, a população pretendida é formada por alunos desta mesma graduação.

Por tratar-se de um protótipo, a amostra não probabilística foi formada por conveniência dentre alunos do primeiro, quarto e sétimo período/fase. O intuito da pesquisa ao

selecionar a amostra não era validá-la frente à sua população, mas abordar de forma objetiva os ossos virtuais apresentados no protótipo construído para a investigação. As conclusões da pesquisa não visam discutir os conhecimentos dos alunos de medicina, mas tem a finalidade de examinar a proposta de objeto virtual tridimensional utilizado em ferramentas de estudo complementares.

O aplicativo para computador permite integrar-se ao cotidiano do aluno, sem descartar outros materiais de estudo, como os livros-atlas. Após serem informados sobre a utilização do aplicativo como material de estudo complementar, os participantes foram instruídos a navegar e observar os ossos virtuais disponibilizados no protótipo. Após interação com o protótipo, aplicamos o questionário apresentado no apêndice D.

Formulamos o questionário com base nos estudos elaborados por Yusoff (2010), o qual formulou questionário apoiado em uma estrutura conceitual para o design de *serious games* com base em atributos que podem ser usados para apoiar um aprendizado eficaz. A abordagem das questões contemplou a transferência de conhecimentos que poderiam ser empregados no mundo real e a satisfação do usuário/estudante quanto à usabilidade da interface apresentada. Apesar de o objetivo da presente pesquisa apontar para uma nova estratégia de solução na digitalização de ossos humanos, perguntamos a respeito da interface para identificar se havia interferência da solução de interface enquanto o usuário interagisse com o protótipo.

As respostas dos usuários, coletadas em setembro de 2019, produziram dados referentes ao nível de satisfação do usuário quanto à aparência do osso virtual para aprendizado e permitiram discutir uma possível interferência de questões de usabilidade durante a interação.

A opção para condução da pesquisa foi a utilização de escala Likert (discordo completamente, discordo, sem opinião, concordo, concordo completamente), eliminando generalizações que surgem ao se utilizar médias e desvios padrão.

Reconhecemos limitações da pesquisa quanto à utilização do protótipo desenvolvido em *engine de games*. O manuseio virtual de modelos tridimensionais não necessariamente corresponde às interações presentes em dispositivos utilizados cotidianamente pelos participantes, o que pôde gerar dificuldades de acesso às informações ocasionadas pela falta de domínio de suas ferramentas. Perguntamos, por isso, aos respondentes o número de horas que gastam em jogos de computador normalmente no decorrer de uma semana a fim de investigar

uma relação da familiaridade com ambientes virtuais tridimensionais em computador. Esta pergunta se propunha também a identificar a habilidade de visualização espacial do usuário pela frequência de uso de jogos de computador (KOJIIO & SCOZ, 2019), ainda que outras pesquisas não confirmem essa relação no ensino em anatomia (HIRVASOJA, 2004)(BERNEY ET AL., 2015) (MILLARD, MILLARD, CONSTABLE, & FREEMAN, 2014) (DAVID, 2012).

4.12.1 Análise de Dados e Discussões

A coleta de dados foi realizada com 79 alunos do curso de graduação em medicina na Universidade Federal de Santa Catarina da primeira fase/período, contabilizando 40 dos 63 matriculados (63,4%); da quarta fase, contando com 24 dos 50 alunos matriculados (48%); e da sétima fase, com 14 dos 52 matriculados (26,9%).

Os resultados foram organizados para investigação no *software* Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). O teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov com a correção de Lilliefors foi aplicado devido a amostra ter dimensão superior ou igual a 30. O teste apontou que a amostra não possui distribuição normal por apresentar significância inferior a 0,05.

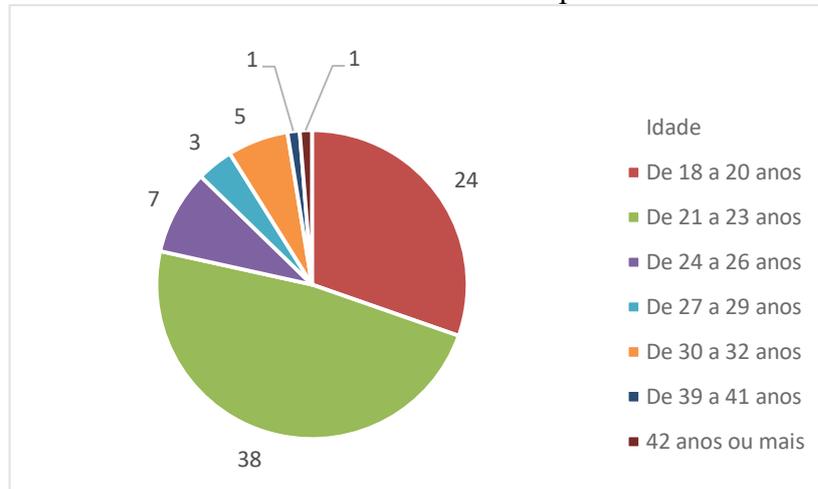
Tabela 1 - Testes de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov com as correções de Lilliefors.

	Estatística	df	Sig.
Posso aprender melhor ao relacionar os ossos virtuais do Caixa de Ossos com os ossos na vida real.	,410	74	,000
Os ossos virtuais usados no Caixa de Ossos me ajudam a entender a anatomia óssea humana.	,417	74	,000
Estou motivado ao perceber que os ossos virtuais do Caixa de Ossos são semelhantes ao que eu quero aprender.	,393	74	,000
É fácil fazer referência do osso virtual em relação aos ossos reais porque os formatos são idênticos.	,376	74	,000
Eu tenho o controle total do osso tridimensional enquanto utilizo o Caixa de Ossos.	,253	74	,000
O Caixa de Ossos me permite procurar os acidentes ósseos na minha própria velocidade.	,410	74	,000
Sinto que posso planejar uma rotina de estudos no laboratório de anatomia depois de utilizar o Caixa de Ossos.	,346	74	,000
Depois de utilizar o Caixa de Ossos, sinto que aprendi e adquiri novos conhecimentos.	,242	74	,000
Sinto que posso adquirir mais conhecimentos à medida que utilizo mais o Caixa de Ossos.	,403	74	,000
Aprender a operar o Caixa de Ossos foi fácil.	,467	74	,000
Acho o Caixa de Ossos fácil de usar.	,438	74	,000

Fonte: o Autor.

O Gráfico 1 apresenta a faixa etária dos participantes da pesquisa. Nota-se que 62 participantes (78,48%) tem idade entre 18 e 23 anos, sendo 38 (48,10%) de 21 a 23 anos.

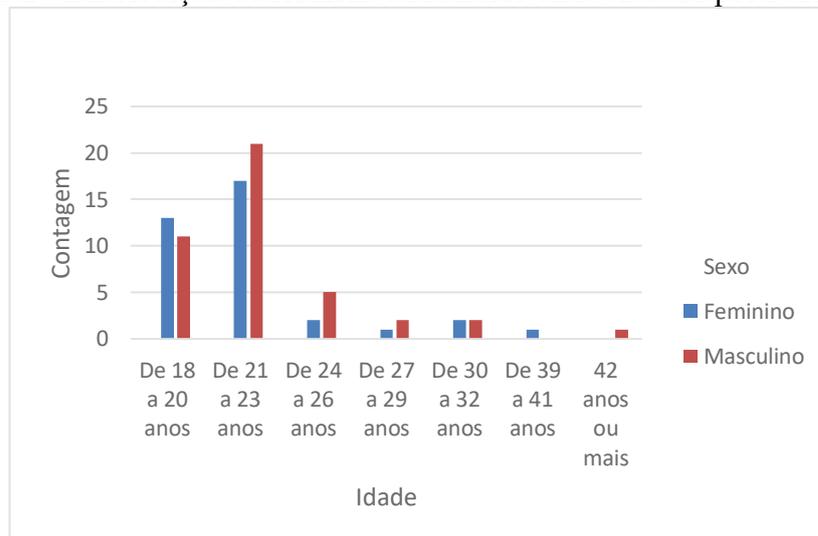
Gráfico 1 - Faixa Etária dos Respondentes.



Fonte: o Autor.

O Gráfico 2 apresenta a distribuição de homens e mulheres entrevistados por faixa etária. Pode-se observar que não há uma predominância de homens ou de mulheres, ao observar o total de 36 mulheres e 42 homens.

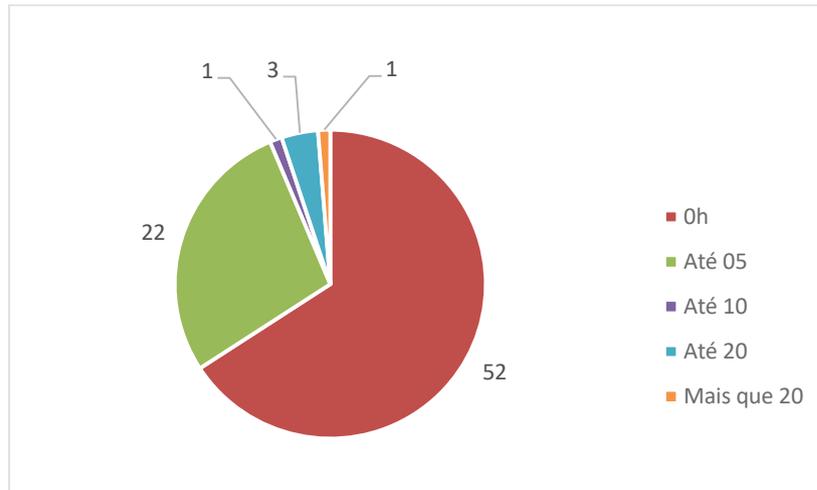
Gráfico 2 - Distribuição de Homens e Mulheres entrevistados por Faixa Etária.



Fonte: o Autor.

O Gráfico 3 mostra o número de horas em jogos de computador no decorrer de uma semana. Percebe-se que a maioria dos participantes não se utiliza jogos de computador com frequência, seguido de uma parcela de participantes que joga por até 5h semanalmente.

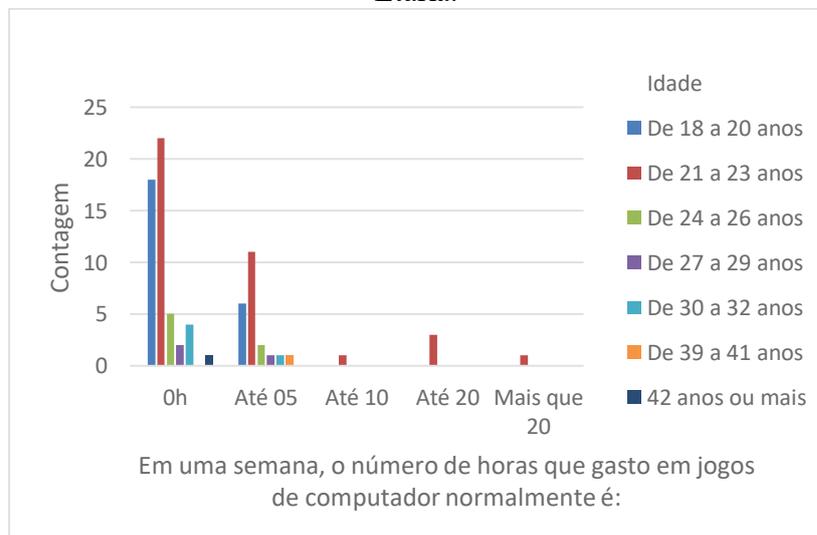
Gráfico 3 - Número de Horas Gasto pelos entrevistados em Jogos de Computador Semanalmente.



Fonte: o Autor.

Combinando informações do gráfico 1 com o gráfico 3, é apresentado no Gráfico 4 o número de horas gasto em jogos de computador semanalmente por idade dos respondentes. Percebe-se uma elevação nas horas gastas em jogos de computador dentre os respondentes mais jovens, mas também temos que uma parcela expressiva deles não joga regularmente.

Gráfico 4 - Número de Horas Gasto em Jogos de Computador Semanalmente Por Faixa Etária.



Fonte: o Autor.

Ao observar as respostas fornecidas, dispostas na Tabela 2, percebemos que as perguntas referentes à qualidade do modelo virtual tiveram resultado positivo de concordância, por apresentar o valor 5 (o máximo na escala de respostas) na mediana em todas as questões. Com os dados expostos, a semelhança do osso virtual em relação ao osso real na identificação dos acidentes apresenta um nível positivo de satisfação em relação à verossimilhança dos ossos virtuais tridimensionais produzidos nesta pesquisa.

Tabela 2 - Estatística Descritiva das Questões Relacionadas à Qualidade do Osso Tridimensional Virtual.

	Estatística	
Posso aprender melhor ao relacionar os ossos virtuais do Caixa de Ossos com os ossos na vida real.	Mediana	5,00
	Variância	,501
	Mínimo	2
	Máximo	5
Os ossos virtuais usados no Caixa de Ossos me ajudam a entender a anatomia óssea humana.	Mediana	5,00
	Variância	,253
	Mínimo	3
	Máximo	5
Estou motivado ao perceber que os ossos virtuais do Caixa de Ossos são semelhantes ao que eu quero aprender.	Mediana	5,00
	Variância	,375
	Mínimo	2
	Máximo	5
É fácil fazer referência do osso virtual em relação aos ossos reais porque os formatos são idênticos.	Mediana	5,00
	Variância	,463
	Mínimo	2
	Máximo	5

Fonte: o Autor.

Observando as respostas referentes à interação e à usabilidade com o protótipo, dispostas na Tabela 3, percebemos um nível satisfatório de concordância, em especial quanto à facilidade de aprender e de utilizar o aplicativo. Entretanto, percebemos um valor menor da mediana e maior variância na questão do controle total do osso tridimensional e da aquisição de novos conhecimentos.

Tabela 3 - Estatística Descritiva das Questões Relacionadas à Interface.

	Estatística	
Eu tenho o controle total do osso tridimensional enquanto utilizo o Caixa de Ossos.	Mediana	4,00
	Variância	1,188
	Mínimo	1
	Máximo	5
O Caixa de Ossos me permite procurar os acidentes ósseos na minha própria velocidade.	Mediana	5,00
	Variância	,624
	Mínimo	1
	Máximo	5
Sinto que posso planejar uma rotina de estudos no laboratório de anatomia depois de utilizar o Caixa de Ossos.	Mediana	5,00
	Variância	,468
	Mínimo	2
	Máximo	5
Depois de utilizar o Caixa de Ossos, sinto que aprendi e adquiri novos conhecimentos.	Mediana	4,00
	Variância	,982
	Mínimo	1
	Máximo	5
Sinto que posso adquirir mais conhecimentos à medida que utilizo mais o Caixa de Ossos.	Mediana	5,00
	Variância	,324
	Mínimo	3
	Máximo	5
Aprender a operar o Caixa de Ossos foi fácil.	Mediana	5,00
	Variância	,246
	Mínimo	3
	Máximo	5
Acho o Caixa de Ossos fácil de usar.	Mediana	5,00
	Variância	,243
	Mínimo	3
	Máximo	5

Fonte: o Autor.

Após a realização da pesquisa, os respondentes expressaram sentir falta do controle de câmera em sentido horizontal (câmera panorâmica) quando a finalidade é enquadrar o objeto da forma a favorecer a visualização de cada acidente ósseo. A ausência deste controle pode ser o principal motivo para um nível menos satisfatório de concordância quanto ao controle total do osso tridimensional, necessitando de implementação deste recurso para a versão final do aplicativo.

Observando a Tabela 3, percebe-se que a aquisição de novos conhecimentos também demonstrou mediana e variâncias menos satisfatórias. É relevante apontar, neste sentido, que todos os alunos da amostra já haviam frequentado as aulas e realizado as avaliações referentes ao conteúdo de osteologia, e, portanto, neste caso, o aplicativo serviu como material de apoio em revisões.

4.13 ENTREGA DO PRODUTO FINAL

Após esta primeira fase de testes, algumas edições ainda precisam ser realizadas para que o produto seja considerado uma versão beta e possamos dar início ao lançamento do aplicativo como produto final.

Primeiramente, a incorporação de novos recursos, a exemplo de um controle de câmera em sentido horizontal (câmera panorâmica) com a finalidade de enquadrar o objeto de forma a favorecer a visualização de cada acidente ósseo e o processo de otimização²⁷ de aplicativo. Algumas soluções de programação, como a introdução de conteúdos em texto, precisam ser otimizadas para facilitar a implementação dos conteúdos das outras áreas do corpo.

Em seguida, os próximos passos no desenvolvimento do aplicativo estão concentrados na implementação de todo conteúdo do corpo humano juntamente com o desenvolvimento de novas estratégias de design para apresentação de conteúdos complexos, como por exemplo o crânio. O documento de design do aplicativo prevê a criação de modos de estudo com maior interatividade, concentrados na parte intitulada Atividades, que será desenvolvida futuramente.

Como já comentamos, a validação, a aceitação e a avaliação de ganhos educacionais serão realizadas após o lançamento. A forma de distribuição do aplicativo e seu respectivo modelo de negócio ainda estão em análise, pois o intuito inicial do aplicativo está concentrado na apresentação do repositório de ossos virtuais tridimensionais.

²⁷ Estudo de problemas em que se busca minimizar ou maximizar uma função através da escolha sistemática dos valores de variáveis dentro de um conjunto viável.

5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve o propósito de desenvolver procedimentos de digitalização de ossos humanos para implementação em aplicativos que promovam o ensino/aprendizagem da identificação dos ossos humanos e de acidentes ósseos por estudantes de graduação na área da saúde. Não é desnecessário pontuar novamente que este trabalho se apresenta como um importante complemento às aulas práticas presenciais em laboratório, visto que na anatomia a observação e o estudo direto das estruturas são considerados condições fundamentais ao aprendizado, mas é inegável a importância desta complementaridade aos estudos.

Para atingir o objetivo, foi realizado um levantamento teórico do contexto do estudo de anatomia óssea, além de estudo de seus materiais didáticos, da utilização de recursos digitais nesta área de ensino e meios de digitalização de ossos humanos. Notamos, diante da redução da quantidade de horas destinadas às aulas práticas para ensino de anatomia, uma preocupação dos educadores desta área, que resultou em uma busca por novas estratégias para auxiliar o ensino de anatomia em meios digitais.

Considerando as dificuldades naturais dos estudantes de medicina com o extenso conteúdo de osteologia e das aulas práticas de laboratório com peças cadavéricas, constatou-se a necessidade de materiais didáticos adequados. Materiais ineficazes podem tornar-se empecilhos para aquisição do conteúdo e resultar no desinteresse do discente. As dificuldades em relacionar as imagens bidimensionais com o volume tridimensional das peças cadavéricas apontam para a utilização de modelos virtuais tridimensionais como solução, pois os alunos precisam visualizar as estruturas dos mais variados ângulos para o entendimento de aspectos funcionais da anatomia humana.

Percebemos que os diversos tipos de materiais didáticos (livros, modelos físicos, filmagens de dissecação, entre outros) possuem potencialidades e fragilidades. Sendo assim, a presente solução busca suprir uma das mais notáveis fragilidades encontradas na utilização de recursos digitais em 3D: a baixa qualidade do modelo tridimensional.

Os procedimentos desenvolvidos nesta pesquisa foram sistematizados em etapas, sob a ótica de metodologias de design, para o desenvolvimento de modelos virtuais tridimensionais adequados para sua utilização no estudo em anatomia. Quanto ao equipamento, o escâner 3D

utilizado para criação do repositório de ossos virtuais permitiu uma captação detalhada de cada um dos ossos com a finalidade de representar fielmente o conteúdo a ser estudado pelo aluno dentro das dependências do laboratório de anatomia no âmbito da osteologia, ainda que tenhamos observado limitações quanto ao uso da tecnologia empregada.

A digitalização dos ossos requereu técnicas complementares pois as lentes disponíveis para esta pesquisa demonstraram-se ineficientes para digitalizar os pequenos ossos do corpo, como as falanges. Um conjunto de lentes específicas para objetos tão pequenos pode ser uma opção para resultado mais minuciosos, mas os professores consultados relatam que pouco interferem no âmbito de ensino/aprendizagem. Optamos por uma técnica de modelagem por meio de fotografias com a finalidade de produzir um repositório completo de ossos virtuais tridimensionais.

A solução em digitalização tridimensional proposta neste trabalho apoia-se na utilização da tecnologia de Escâner 3D, baseada em luz, ao invés de reconstrução baseada em imagens de tomografia. Essa maneira de digitalização apresenta a vantagem de um modelo tridimensional com aparência semelhante ao osso real, sendo uma solução favorável para o estudo de anatomia. Esta solução, entretanto, demonstra-se inadequada para outras aplicações, como simulações de cirurgia de reconstrução, tendo em vista que cada indivíduo humano possui suas próprias variantes anatômicas e a estratégia defendida neste texto não permite digitalizar os ossos de um indivíduo vivo.

Além disso, os modelos gerados imediatamente pelo escâner 3D são inapropriados para emprego em ambientes virtuais de ensino, necessitando das etapas descritas neste trabalho em 3.1. As adaptações aplicadas na metodologia de Brenton et al. (2007) demonstraram-se satisfatórias, criando uma nova estratégia de solução plenamente capaz de ser empregada com esta tecnologia formando um processo eficiente e conciso para a formação do procedimento de digitalização de ossos virtuais 3D.

Para apresentar os resultados da utilização do procedimento proposto, aplicou-se o procedimento a todos os ossos de um corpo humano, formando um repositório de ossos. Foi desenvolvido ainda um aplicativo para demonstrar a viabilidade da aplicação dos ossos virtuais 3D, um subproduto deste trabalho. Para o desenvolvimento do aplicativo, a utilização da *Unreal Engine* foi considerada satisfatória diante das necessidades desta pesquisa, especialmente diante

da necessidade de desenvolvimento de lógica de programação para jogos. Apesar de requerer conhecimentos básicos de programação, a *engine* escolhida permitiu o desenvolvimento de um aplicativo eficaz com alto grau de realismo e com um baixo envolvimento em linguagens de programação avançada.

Os procedimentos metodológico de Olszewski & Wolbrink (2017) demonstraram-se efetivos para o desenvolvimento do ambiente virtual, pois o processo aponta de maneira clara um alinhamento do design do aplicativo com os conhecimentos compartilhados por profissionais da saúde para o desenvolvimento de conteúdo.

A fim de observar uma tendência de aceitação ou rejeição dos modelos tridimensionais criados, na fase de testes foi aplicado um questionário com o público alvo após experimentação com o protótipo. Ao observar as respostas fornecidas, percebe-se que a qualidade do modelo virtual teve aceitação positiva do público alvo. Com os dados expostos, a semelhança do osso virtual em relação ao osso real na identificação dos acidentes apresenta um nível positivo de satisfação, não sendo oriunda do acaso, mas da efetiva verossimilhança dos ossos virtuais tridimensionais pretendida por esta pesquisa. Sendo assim, este trabalho alinha-se com a afirmação de que imagens e modelos tridimensionais devidamente processados de forma apropriada são capazes de oferecer uma poderosa ferramenta de ensino/aprendizagem em anatomia (GHOSH, 2017).

Em relação à interface desenvolvida para o aplicativo, apesar de não ser o foco central do presente trabalho, uma sugestão para pesquisas futuras: deve-se discutir as questões relacionadas à forma como o usuário navega (mapeamento da experiência do usuário) e como o conteúdo produzido em texto é entregue ao usuário.

Os resultados referentes ao controle total do osso tridimensional apresentaram resultado ligeiramente menos positivos. Informalmente, os respondentes expressaram sentir falta do controle de câmera em sentido horizontal (câmera panorâmica) quando a finalidade é enquadrar o objeto de forma a favorecer a visualização de cada acidente ósseo. O movimento panorâmico de câmera é, portanto, um recurso essencial no desenvolvimento de aplicativos de estudo em anatomia óssea e será implementado para a versão de distribuição do aplicativo desenvolvido neste trabalho.

A aquisição de novos conhecimentos também demonstrou valores em mediana e variâncias menos satisfatórias, o que pode ou não estar ligado ao fato de os alunos participantes da amostra já terem tido as aulas e avaliações referentes ao conteúdo abordado. Mesmo com as informações complementares produzidas no decorrer da etapa de produção de conteúdo (item 4.7), o nível de satisfação não atingiu nota máxima.

No decorrer da Fase de Testes (Item 4.12), os participantes forneceram espontaneamente sugestões e comentários a respeito de recursos do protótipo para potencializar a visualização do osso virtual e demonstraram-se empolgados com a qualidade dos ossos virtuais apresentados no protótipo. Informalmente, professores da área também demonstraram bastante entusiasmo com o resultado apresentado no protótipo.

Sendo assim, os procedimentos apontados neste trabalho figuram como uma estratégia de design para a criação de modelos virtuais tridimensionais que podem resultar em um material de estudo que permita o estudo adequado de anatomia com ossos virtuais verossimilhantes às peças cadavéricas.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Mesmo com a digitalização de todos os ossos do corpo humano, percebemos que ainda restaram algumas limitações no repositório formado, pois neste momento ele não promove a observação de variações e peculiaridades na forma dos ossos. Esta limitação poderá ser diminuída com a expansão do número de ossos digitalizados, ou seja, com a criação de múltiplos modelos tridimensionais de um determinado osso advindo de diferentes esqueletos.

Os próximos passos no desenvolvimento do aplicativo estão concentrados na implementação de todo conteúdo do corpo humano e desenvolvimento de novas estratégias de design para apresentação de conteúdos complexos, como por exemplo o crânio. O documento de design do aplicativo prevê a criação de modos de estudo com maior interatividade, concentrados na parte intitulada Atividades, a ser desenvolvida futuramente.

Esperamos que o aplicativo criado nesta pesquisa seja uma poderosa ferramenta de estudo em anatomia óssea, e que a investigação sobre sua eficácia no ensino possa figurar em pesquisa futura.

Na presente pesquisa contemplamos o desenvolvimento do modo Atlas 3D, com a finalidade de apresentar a aplicação do repositório de ossos virtuais tridimensionais. Os demais recursos deverão motivar pesquisas futuras.

Esperamos que os resultados obtidos norteiem futuras produções relativas ao tema, fornecendo também bases para procedimentos de criação de modelos tridimensionais virtuais dos demais sistemas do corpo humano.

REFERÊNCIAS

- ABDULMAJED, Hind; PARK, Yoon Soo; TEKIAN, Ara. Assessment of educational games for health professions: A systematic review of trends and outcomes. **Medical Teacher**, [s. l.], v. 37, n. sup1, p. S27–S32, 2015. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/0142159X.2015.1006609>>. Acesso em: 14 mar. 2019.
- ANDRADE, Wiliam Machado. **Anatomia mediada por ilustrações para o ensino médico: funções, desenvolvimento, abordagens e tecnologias**. 2015. [s. l.], 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/169629>>. Acesso em: 18 out. 2017.
- ANDRADE, Wiliam Machado; VIEIRA, Milton Luiz Horn; GONÇALVES, Berenice Santos. Anatomia humana por aplicativos de dispositivos móveis. **Design e Tecnologia**, [s. l.], v. 4, n. 07, p. 36, 2014. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/193>>. Acesso em: 7 nov. 2017.
- ARAÚJO JUNIOR, Josival P. et al. Desafio anatômico: uma metodologia capaz de auxiliar no aprendizado de anatomia humana. **Medicina (Ribeirao Preto. Online)**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 62, 2014. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/80100>>. Acesso em: 21 jun. 2018.
- AZER, Samy A.; AZER, Sarah. 3D Anatomy Models and Impact on Learning: A Review of the Quality of the Literature. **Health Professions Education**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 80–98, 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2452301116300281>>
- BERGERON, Bryan P. **Developing serious games**. [s.l.] : Charles River Media, 2006. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Developing_Serious_Games.html?id=Ho92QgAA CAAJ&redir_esc=y>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- BERNEY, Sandra et al. How spatial abilities and dynamic visualizations interplay when learning functional anatomy with 3D anatomical models. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 452–462, 2015.
- BLACKMUR, James P. et al. Surgical training 2.0: How contemporary developments in information technology can augment surgical training. **The Surgeon**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 105–112, 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1479666X12001242>>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- BRENDLER, Clariana Fischer et al. **Uso da digitalização 3D do corpo humano para desenvolvimento de produtos personalizados: Análise comparativa entre os scanners Artec EVA e o Kinect**. [s.l.: s.n.]. v. 24 Disponível em: <<https://estudosemdesign.emnuvens.com.br/design/article/view/356/242>>. Acesso em: 18 out. 2017.
- BRENTON, Harry et al. Using multimedia and Web3D to enhance anatomy teaching. **Computers & Education**, [s. l.], v. 49, p. 32–53, 2007. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/compedu>. Acesso em: 19 out. 2017.

CARDOSO, Emanuella Da Silva; BURTH, Patrícia; SODRÉ, Cátia Lacerda. DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE SOFTWARE TO STUDY ENERGETIC METABOLISM. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 14, p. 16, 2016. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/K10>>. Acesso em: 26 out. 2017.

CHROMY, Adam; ZALUD, Ludek. Robotic 3D scanner as an alternative to standard modalities of medical imaging. **SpringerPlus**, [s. l.], v. 3, p. 13, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25694857>>. Acesso em: 18 out. 2017.

CLARKE, David B. et al. Simulation-based training for burr hole surgery instrument recognition. **BMC medical education**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 153, 2016. Disponível em: <<http://bmcmmededuc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12909-016-0669-2>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

D'APUZZO, Nicola. Overview of 3D Surface Digitization Technologies in Europe | Image Scanner | Optics. [s. l.], 2007. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/204002087/Overview-of-3D-Surface-Digitization-Technologies-in-Europe>>. Acesso em: 18 out. 2017.

DAL, Carla Maria et al. Framework para Construção de Pacientes Virtuais: Uma Aplicação em Laparoscopia Virtual. [s. l.], 2003.

DANTAS, Paulo Victor de Farias et al. Protótipo de dispositivo facilitador para digitalização 3D por fotogrametria com smartphones. In: BLUCHER DESIGN PROCEEDINGS 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Editora Blucher, 2016. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/24809>>. Acesso em: 1 out. 2019.

DAVID, Laura Teodora. Training of spatial abilities through computer games - Results on the relation between game's task and psychological measures that are used. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 33, p. 323–327, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.01.136>>

E., Galembeck; MAGRINI, M. L.; GARZON, J. C. V. Using Augmented Reality to Bring interactivity to Metabolism Teaching. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 84, 2014. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/349>>. Acesso em: 26 out. 2017.

FILHO, E. P. de A., & PEREIRA, F. C. F. (2015). *Anatomia Geral* (1ª). Sobral: INTA.

FORD, Jonathan M.; DECKER, Summer J. Computed tomography slice thickness and its effects on three-dimensional reconstruction of anatomical structures. **Journal of Forensic Radiology and Imaging**, [s. l.], v. 4, p. 43–46, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212478015300204>>. Acesso em: 1 out. 2019.

FORNAZIERO, Célia Cristina; RODRIGUES, Gil Regina. Novas Tecnologias Aplicadas ao Ensino da Anatomia Humana. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 27, n. 2, p.

- 6, 2003. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2012/biologia_artigos/1anatomia_ntecno.pdf>
- GHOSH, Sanjib Kumar. Cadaveric dissection as an educational tool for anatomical sciences in the 21st century. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 286–299, 2017. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ase.1649>>. Acesso em: 29 abr. 2019.
- GORBANEV, Iouri et al. A systematic review of serious games in medical education: quality of evidence and pedagogical strategy. **Medical Education Online**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 1438718, 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10872981.2018.1438718>>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- GRAAFLAND, M.; SCHRAAGEN, J. M.; SCHIJVEN, M. P. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. **British Journal of Surgery**, [s. l.], v. 99, n. 10, p. 1322–1330, 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/bjs.8819>>. Acesso em: 9 jul. 2018.
- HIRVASOJA, Mika. Effects of computer game playing on spatial skills. [s. l.], p. 79, 2004.
- JAMIL, Zehra et al. Three-dimensional Visualization Software Assists Learning in Students with Diverse Spatial Intelligence in Medical Education. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], 2018.
- JAVAID, Maria et al. ToothPIC: An Interactive Application for Teaching Oral Anatomy. [s. l.], v. 9, n. 2, p. 184–189, 2016.
- KIILI, Kristian; LAINEMA, Timo. **Foundation for Measuring Engagement in Educational Games**. [s.l.] : Association for the Advancement of Computing in Education, 2008. v. 19 Disponível em: <<https://www.learntechlib.org/p/24197/>>. Acesso em: 22 ago. 2018.
- KOJIIO, Rafael; SCOZ, Murilo. Avaliação da transferência de habilidades em jogos digitais no aprendizado de computação gráfica. **Design e Tecnologia**, [s. l.], v. 9, n. 18, p. 84–101, 2019. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/624>>. Acesso em: 1 out. 2019.
- KRUSE, Maria Henriqueta Luce. Anatomia: a ordem do corpo. **Revista Brasileira de Enfermagem**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 79–84, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71672004000100017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>
- KUGELMANN, D. et al. An Augmented Reality magic mirror as additive teaching device for gross anatomy. **Annals of Anatomy**, [s. l.], v. 215, p. 71–77, 2018. Disponível em: <<http://www.urbanfischer.de/journals/annanat/anatomy.htm%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emexb&NEWS=N&AN=618845649>>
- MACHADO, M. D. V.; ALVES-OLIVEIRA, M. F.; SODRÉ, C. L. METABOLIC INTEGRATION: BEYOND THE BUILDING BLOCKS. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 13, p. 15, 2015. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/583>>. Acesso em: 26 out.

2017.

MAVRODI, Alexandra; PARASKEVAS, George; KITSOULIS, Panagiotis. The History and the Art of Anatomy: a source of inspiration even nowadays. **Italian Journal of Anatomy and Embryology**, [s. l.], v. 118, n. 3, p. 267–276, 2013. Disponível em: <<http://www.fupress.net/index.php/ijae/article/view/13718>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

MELO, Elizabeth; PINHEIRO, José. Procedimentos Legais e Protocolos para Utilização de Cadáveres no Ensino de Anatomia em Pernambuco. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 8, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbem/v34n2/a18v34n2.pdf>>

MENDES, Thiago Godolphim. Games e educação : diretrizes de projeto para jogos digitais voltados à aprendizagem. [s. l.], 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/61009>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

MERCHANT, Zahira et al. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. **Computers & Education**, [s. l.], v. 70, p. 29–40, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com.ez46.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0360131513002108?via%3Dihub>>. Acesso em: 26 out. 2017.

MILLARD, Heather A. Towle et al. Relationships among video gaming proficiency and spatial orientation, laparoscopic, and traditional surgical skills of third-year veterinary students. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, [s. l.], v. 244, n. 3, p. 357–362, 2014. Disponível em: <<http://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/javma.244.3.357>>. Acesso em: 27 set. 2019.

MITROUSIAS, Vasileios et al. Anatomy learning from prosected cadaveric specimens versus three-dimensional software: A comparative study of upper limb anatomy. **Annals of Anatomy**, [s. l.], v. 218, p. 156–164, 2018.

MONTEIRO, SB; VALDEK, MCO. Anatomia 3D: Um Atlas Digital Baseado em Realidade Virtual para Ensino da Medicina. ... **Symposium on Virtual ...**, [s. l.], 2006. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp/servlet/Trabalho?id=9260>>

MORAES, Gleidially Nayara Bezerra; SCHWINGEL, Paulo Adriano; SILVA JÚNIOR, Edivaldo Xavier. USO DE ROTEIROS DIDÁTICOS E MODELOS ANATÔMICOS, ALTERNATIVOS, NO ENSINO-APRENDIZAGEM NAS AULAS PRÁTICAS DE ANATOMIA HUMANA. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 223–230, 2016. Disponível em: <<http://seer.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/7305/5709>>. Acesso em: 8 ago. 2018.

MORO, Christian et al. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 549–559, 2017. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ase.1696>>

MURGITROYD, Ellen et al. 3D digital anatomy modelling - Practical or pretty? **Surgeon**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 177–180, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.surge.2014.10.007>>

NETTER, Frank H. **Atlas De Anatomia Humana**. 2. ed. [s.l.] : Novartis, 2000.

NICHOLSON, Daren T. et al. Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer-generated three-dimensional anatomical ear model. **Medical Education**, [s. l.], v. 40, n. 11, p. 1081–1087, 2006.

OLSZEWSKI, Aleksandra E.; WOLBRINK, Traci A. Serious Gaming in Medical Education: A Proposed Structured Framework for Game Development. **Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 240–253, 2017. Disponível em: <<http://insights.ovid.com/crossref?an=01266021-201708000-00006>>. Acesso em: 17 out. 2018.

PEDERSEN, Kelly. Supporting Students with Varied Spatial Reasoning Abilities in the Anatomy Classroom. **Teaching Innovation Projects**, [s. l.], v. 2, n. 1, 2012. Disponível em: <http://ir.lib.uwo.ca/tips%5Cnhttp://ir.lib.uwo.ca/tips/vol2/iss1/2%5Cnhttp://ir.lib.uwo.ca/tips/vol2/iss1/2/?utm_source=ir.lib.uwo.ca%2Ftips%2Fvol2%2Fiss1%2F2&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages>

PEREIRA, A. V.; GEONMONOND, R. S.; HORNINK, G. G. Ludokrebs: playing with and learning energetic metabolism. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 11, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/264>>. Acesso em: 26 out. 2017.

PERES, FREDERICO OLDEMBURGO. Scanner 3D: Problemas e Soluções. [s. l.], 2013. Disponível em: <<http://www.uel.br/cce/dc/wp-content/uploads/VersaoPreliminarTCC-FredericoPeres.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

PREIM, Bernhard; SAALFELD, Patrick. A survey of virtual human anatomy education systems. **Computers and Graphics (Pergamon)**, [s. l.], v. 71, p. 132–153, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cag.2018.01.005>>

PUJOL, Sonia et al. Using 3D Modeling Techniques to Enhance Teaching of Difficult Anatomical Concepts. **Academic Radiology**, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 507–516, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1076633216000167>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

RIBEIRO, Sandro Henrique Dias et al. APPROACHING CARBOHYDRATES AND ITS METABOLISM: AN EXPERIENCE FOR EDUCATIONAL GAMES. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 14, p. 19, 2016. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/K14>>. Acesso em: 26 out. 2017.

SALBEGO, Cléton et al. Percepções Acadêmicas sobre o Ensino e a Aprendizagem em Anatomia Humana TT - Student Perceptions of Teaching and Learning Human Anatomy. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 23–31, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-55022015000100023&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rbem/v39n1/1981-5271-rbem-39-1-0023.pdf>

SILVA ET AL, A. S. Development of a Playful Tool to Application in Basic Education Through Educational Tutorial Program of Biochemistry's (ETP). **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s.

l.], v. 12, n. 1, p. 87, 2014. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/352>>. Acesso em: 26 out. 2017.

SILVA, F. A.; REBECA, R. Biochemistry on the game board: improvements in the teaching-learning process in basic education. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 13, p. 18, 2015. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/586>>. Acesso em: 26 out. 2017.

SUBHASH, Sujit; CUDNEY, Elizabeth A. Gamified learning in higher education: A systematic review of the literature. **Computers in Human Behavior**, [s. l.], v. 87, p. 192–206, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563218302541>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

SUGAND, Kapil; ABRAHAMS, Peter; KHURANA, Ashish. The anatomy of anatomy: A review for its modernization. . mar. 2010, 2.

TAN, Apphia Jia Qi et al. Designing and evaluating the effectiveness of a serious game for safe administration of blood transfusion: A randomized controlled trial. **Nurse Education Today**, [s. l.], v. 55, p. 38–44, 2017. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez46.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S026069171730103X?via=ihub>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

TRELEASE, Robert B.; ROSSET, Antoine. Transforming clinical imaging data for virtual reality learning objects. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 50–55, 2008. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ase.13>>. Acesso em: 4 dez. 2018.

VASCONCELOS, M. S. et al. EDUCACIONAL GAME OF LEARNING AS DIDATIC SUPPORT IN INTRODUCTION TO BIOCHEMISTRY DISCIPLINE. **Revista de Ensino de Bioquímica**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 17, 2012. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/92>>. Acesso em: 26 out. 2017.

WESTERA, W. et al. Serious games for higher education: a framework for reducing design complexity. **Journal of Computer Assisted Learning**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 420–432, 2008. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2729.2008.00279.x>>. Acesso em: 1 nov. 2018.

YAMMINE, Kaissar; VIOLATO, Claudio. A meta-analysis of the educational effectiveness of three-dimensional visualization technologies in teaching anatomy. **Anatomical Sciences Education**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 525–538, 2015. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/ase.1510>>. Acesso em: 9 abr. 2019.

YUSOFF, Amri. UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON School of Electronics and Computer Science A Conceptual Framework for Serious Games and its Validation. **Science**, [s. l.], n. October, 2010.

ZILVERSCHOON, Marijn; VINCKEN, Koen L.; BLEYS, Ronald L. A. W. The virtual dissecting room: Creating highly detailed anatomy models for educational purposes. **Journal of Biomedical Informatics**, [s. l.], v. 65, p. 58–75, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2016.11.005>>

APÊNDICE A – Primeiro documento de design: Game Overview Document (GOD)

- **Conceito**

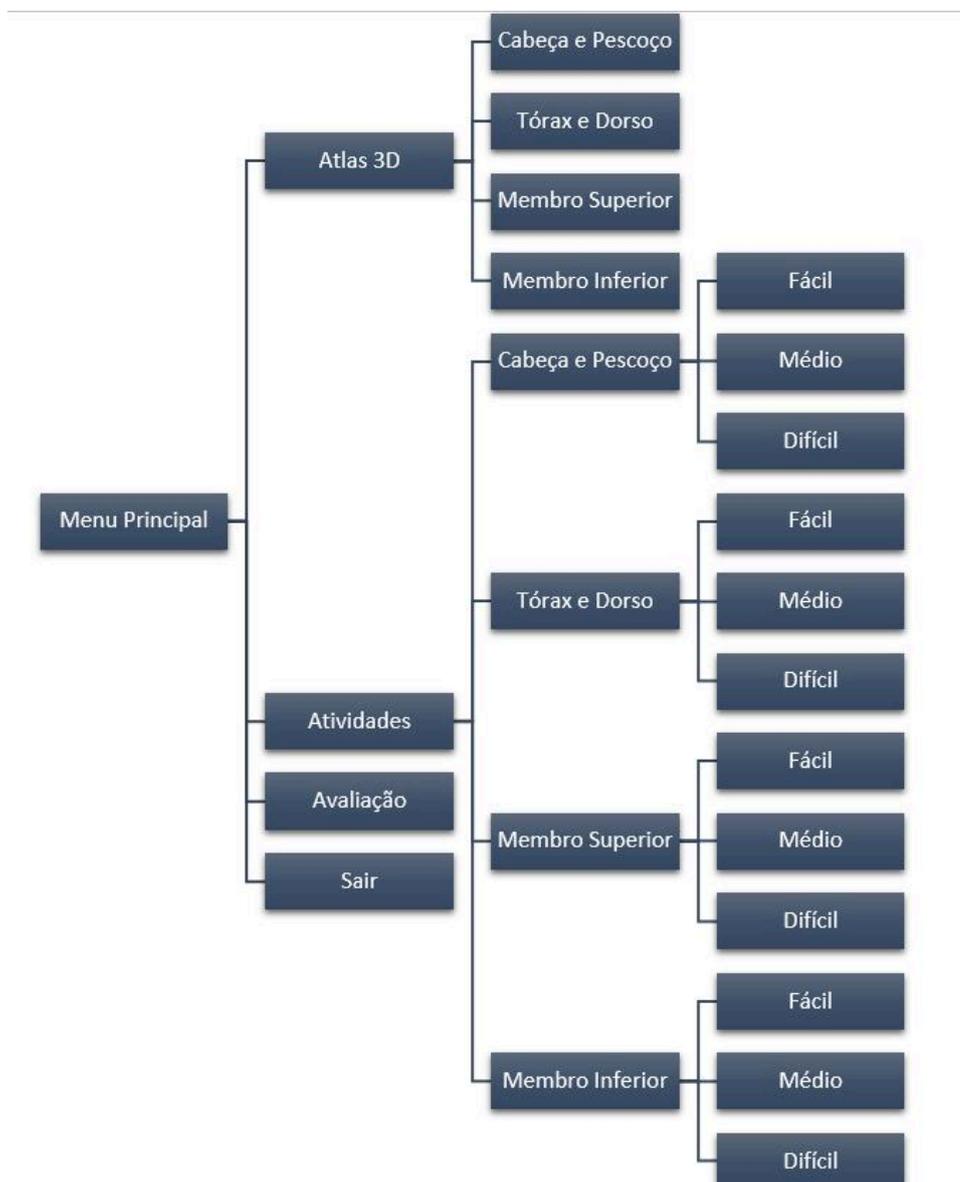
Simulação virtual de uma caixa com ossos humanos para estudos em anatomia.

- **Descrição Geral**

Um game voltado para o público da primeira fase do curso de graduação em Medicina com o objetivo de complementar o laboratório de estudos em anatomia: o laboratório de anatomia. Focado no estudo da anatomia óssea, o game busca estimular a capacidade do aluno de identificar os ossos e seus respectivos acidentes ósseos, assim como sua posição no corpo humano. Possui três modos que serão descritos no decorrer deste documento: Atlas 3D, Atividades e Avaliação.

- **Gameplay**

- Fluxograma



- Input/Output

- Controles

- Mouse - pega e arrasta os ossos

- Controle de ângulo (mouse, setas, interface... a testar)

- Interface (respostas do jogo)

*** Jogador arrasta e solta o osso na 'fôrma'

- Errado - nada acontece (jogo contabiliza 1 tentativa)

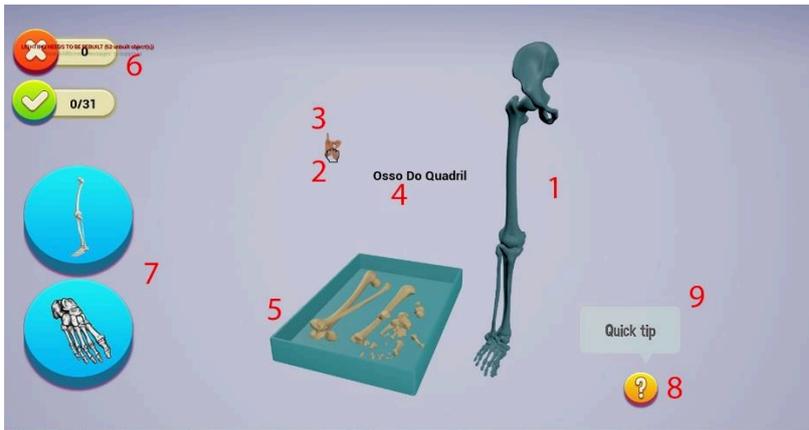
- Correto - jogo dá feedback de encaixe correto (verde, sfx)

- Só é possível remover um osso da caixa por vez

Jogador precisa devolver o osso para a caixa ou posicioná-lo corretamente na fôrma.

Ação	Controle
Pegar um osso	Mouse Left Button (click)
Soltar um osso	Mouse Left Button (click)
Rotacionar osso (eixo X)	Left click (GUI arrows)
Rotacionar osso (eixo Y)	Left click (GUI arrows)
Rotacionar camera	Right click (drag)
Camera Zoom in / Zoom out	Mouse wheel

- Mockup da Interface



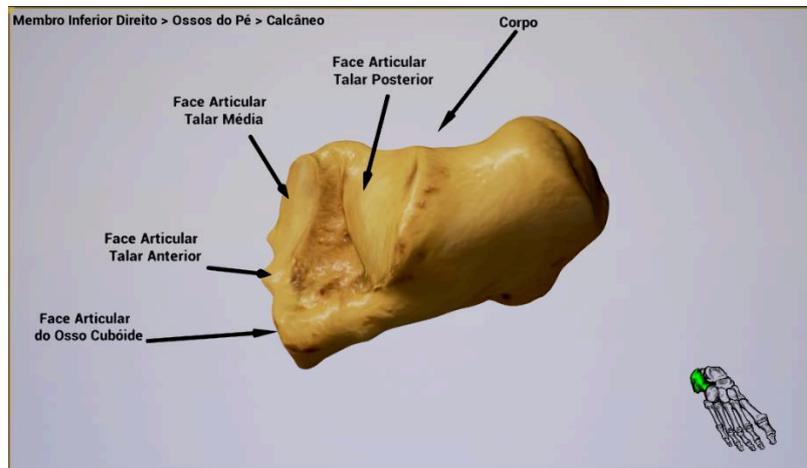
Legenda:

1. O molde onde os ossos são colocados;
2. Cursor do mouse com a imagem de uma mão (fechada pois está arrastando um osso);
3. Osso selecionado da caixa;
4. Indicador da nomenclatura dos ossos;
5. Caixa onde se encontram os ossos;
6. Marcador de erros / acertos;
7. Controles de câmera;
8. Botão de Dicas;
9. Dica Expandida;

- Escopo do Conteúdo

- a. Atlas 3D

Exibição da anatomia óssea de forma expositiva. Permite a navegação pelos ossos e seus respectivos acidentes ósseos. É dividido por região: Cabeça e Pescoço; Tórax e Dorso; Membro Superior; Membro Inferior.



b. Atividades

Exercício o qual o usuário deve escolher um osso por vez, posicioná-lo e orientá-lo de forma coerente com a anatomia humana. Assim como o Atlas 3D, é dividido por região. Cada região apresenta três níveis de dificuldade:

Fácil - O usuário deve definir a posição dos ossos, os quais sempre estão dispostos no mesmo local no início da atividade. O nome dos ossos aparece ao passar o cursor do mouse por cima do objeto.

Médio - O usuário deve definir a posição e a orientação dos ossos no ângulo X. Os ossos são dispostos de forma aleatória. O nome dos ossos aparece ao passar o cursor do mouse por cima do objeto.

Gameplay em etapas:

1. Posição do osso em relação ao esqueleto;
2. Posição da inclinação X;

Difícil - O usuário deve definir a posição e orientação dos ossos nos ângulos X e Y. Os ossos são dispostos de forma aleatória. O nome do osso não é apresentado até que o usuário posicione e oriente de forma correta.

Gameplay em etapas:

1. Posição do osso em relação ao esqueleto;
2. Posição da inclinação X;

3. Posição da rotação de eixo Y;

c. Avaliação

Modo semelhante à avaliação no curso de graduação em Medicina. Apresenta-se ao usuário um osso aleatório e, possivelmente, uma seta apontando para um acidente ósseo. Solicita-se ao usuário que, dependendo do osso apresentado, preencha as seguintes informações: o nome do osso apresentado, o nome da região óssea apontada, se o osso se refere ao lado direito ou esquerdo do corpo. Ao preencher o game apresenta outro osso ao usuário para continuar a avaliação. Ao final o game apresenta um score baseado no número de acertos. O número de ossos que serão apresentados durante a avaliação ainda será definido.

APÊNDICE B – Segundo documento de design: Game Design Document (GDD)

- 1. Conceito & Descrição Geral

Caixa de Ossos é um game educacional voltado para alunos de Biologia, Fisioterapia e Medicina, com o objetivo de complementar o laboratório de estudos em anatomia: o anatômico. Focado no estudo da anatomia óssea, o game busca estimular a capacidade do aluno de identificar os ossos e seus respectivos acidentes ósseos, assim como sua posição no corpo humano. Como diferenciais, além de fácil didática e um modo de atividades que acompanha a evolução do usuário, todos os ossos apresentados no aplicativo são imagens tridimensionais escaneadas de ossos reais de um esqueleto humano.

Possui dois modos que serão descritos no decorrer deste documento: Atlas 3D e Atividades. O Atlas 3D é o compêndio com a coleção de todos os ossos do esqueleto humano, dividido nas regiões do corpo. Além da nomenclatura, cada osso possui suas informações gerais e a localização de cada acidente ósseo, apontado e nomeado na própria imagem 3D.

O modo de Atividades é uma série de mini-games voltados para o aprendizado, com tarefas de associação, identificação, nomenclatura e posicionamento dos ossos. As tarefas são divididas em módulos básico, intermediário e avançando, e o usuário pode acompanhar sua performance ao percorrer os módulos.

O jogo será desenvolvido para as plataformas de PC-windows e tablets e smartphones Android. Será disponibilizado em 4 idiomas: português (Br), inglês, alemão e espanhol.



Figura 01: protótipo do Menu Principal

Gênero: aplicativo de anatomia humana; game educativo
Descritivo: aplicativo com imagens tridimensionais escaneadas de ossos reais do esqueleto humano
Plataforma: pc windows e tablets/smartphones
Público-alvo: estudantes de anatomia de cursos das áreas biológicas em geral
Modelo: aquisição de licença de uso de *software*

- 2. Gameplay

Caixa de Ossos é basicamente dividido em duas principais funções: o Modo de Atlas 3D e o Modo de Atividades. É possível acessar as duas pelo menu principal do aplicativo.

A forma de controle do Caixa de Ossos é simples, não exigindo tutoriais. Os comandos são padrões de uso do computador, como acesso a botões, arrastar e soltar do mouse, uso da roda central para aproximação e recuo de câmera. O aplicativo é totalmente orientado pela sua interface, apresentando 'tooltips' quando necessário para orientação.

d. Fluxograma

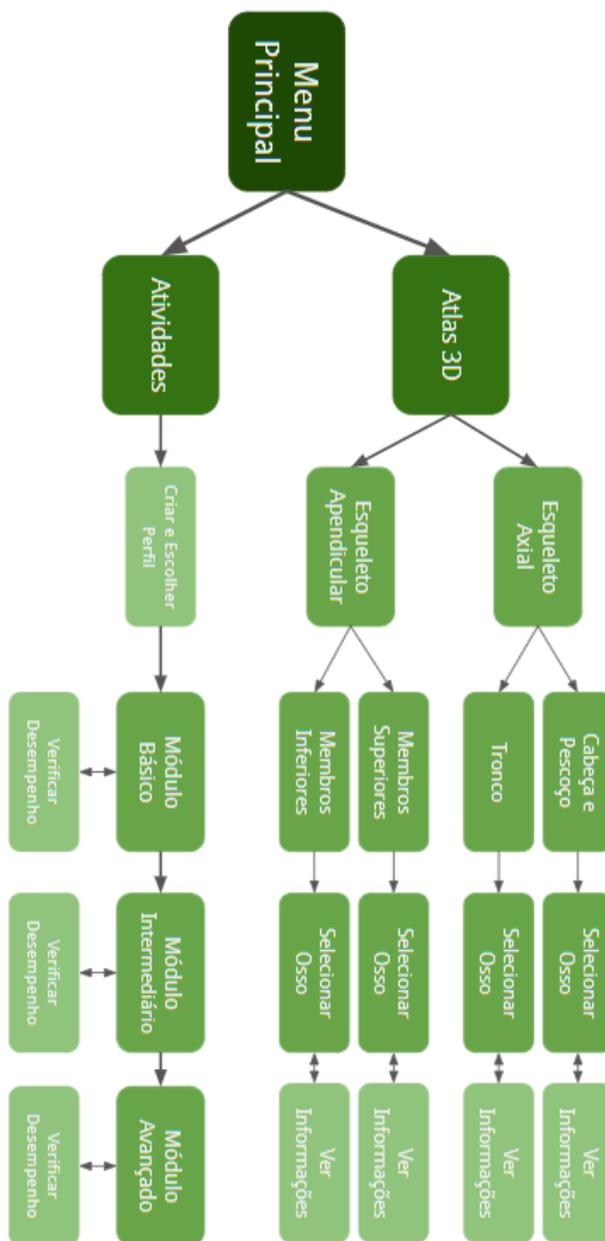


Figura 1: o fluxo geral das telas do Caixa de Ossos.

Os modos de Atlas 3D e de Atividades formam experiências totalmente diferentes. O Atlas 3D é a maneira de fazer uma pesquisa orientada ao esqueleto humano, ao passo que as Atividades referem-se ao modo de o usuário praticar, por meio de exercícios e verificação de desempenho, o aprendizado de reconhecimento dos ossos, seus nomes e posicionamento.

O Atlas 3D está totalmente disponível desde o primeiro acesso. As Atividades, por outro lado, seguem uma linearidade de acordo com o progresso individual do usuário. Por isso é necessário a criação de um Perfil, e o Caixa de Ossos permitirá múltiplos perfis de usuários, cada um com seu próprio status de progressão de Atividades. Conforme percorre os módulos - Básico, Intermediário e Avançado - o usuário irá avançando nas atividades e desbloqueando conteúdo adicional, com novas atividades; e pode acompanhar seu desempenho geral a todo momento.

e. Configurações

Escolha de Idioma

Créditos com as referências bibliográficas

- 3. Atlas 3D

f. Tela de Seleção do Osso



Figura 2: tela de seleção de osso.

A tela de seleção de osso é dividida por regiões do corpo humano: cabeça, tronco, membros superiores e membros inferiores. Ao escolher uma das regiões o usuário pode, a partir do esqueleto da região óssea, escolher o osso. Clicando no osso escolhido ele será redirecionado para a Tela do Osso. De modo a facilitar a seleção, a tela possui dois botões para 'zoom in' e 'zoom out'.

Sistema de busca por nome do osso

g. Tela do Osso



Figura 3: tela do osso, com informações gerais, e nomenclatura e posicionamento dos acidentes ósseos.

A tela do osso mostra, em detalhes, o osso selecionado.

- No canto inferior esquerdo há um mapa esquemático apresentando o osso posicionado na região a qual ele pertence.
- Posicionado sobre o osso há a indicação dos acidentes ósseos, com o nome e localização correta de cada um.
- O usuário pode rotacionar o osso livremente com o uso do mouse (clique e arrastar).
- À direita do osso há um botão de 'Informações', que abre uma caixa de texto com informações adicionais sobre o osso, seguindo a bibliografia que o aplicativo utiliza.

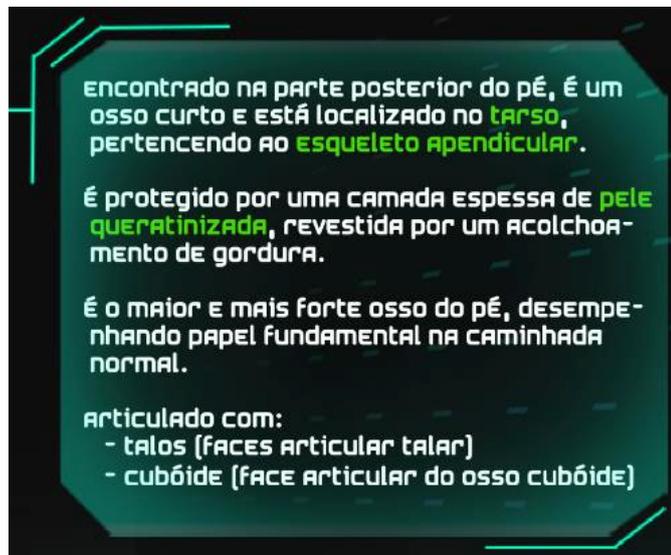


Figura 4: caixa com informações adicionais do osso.

- Sumário do Conteúdo

O Atlas 3D é dividido pelas regiões ósseas, entre Esqueleto Axial e Apendicular, com as quatro regiões: Cabeça e Pescoço, Tronco, Membros Superiores e Membros Inferiores.

Esqueleto Axial	Esqueleto Apendicular		
Cabeça e Pescoço	Crânio	Membros Superiores	Escápula
	Mandíbula		Clavícula
	Vértebras Cervicais		Úmero
Tronco	Coluna Vertebral: - Vértebras Torácicas - Vértebras Lombares - Osso Sacro - Osso Coccígeo - Osso Ilíaco		Rádio
			Ulna
			Ossos do Carpo
			Ossos do Metacarpo
			Ossos dos Dedos
			Ossos do Quadril
			Fêmur
	Costelas	Membros Inferiores	Patela
	Externo		Tíbia
	Arcabouço Ósseo do Abdome		Fíbula
Ossos do Tarso			
Ossos do Metatarso			
	Ossos dos Dedos		

Tabela 1: a distribuição do conteúdo no Atlas 3D.

- Componentes do Conteúdo

Cada osso no Atlas 3D contém os seguintes componentes:

1. Nome;
2. Posição e classificação óssea;
3. Informações gerais;
4. Imagem 3D interativa;
5. Posicionamento e nome de cada acidente ósseo;
6. Posição correta no esqueleto humano (visão esquemática);

- 4. Atividades

Além do Atlas 3D, o usuário pode praticar seu conhecimento sobre o esqueleto humano no modo de atividades, que consiste na prática de exercícios, ordenados por conteúdo e grau de dificuldade. As atividades focam no aprendizado de reconhecimento do osso, nomenclatura, posicionamento e acidente ósseo.

Conforme executa as atividades, o usuário responderá perguntas objetivas e visuais. Os resultados são computados e registrados no seu perfil. A qualquer momento o usuário pode verificar sua performance na Tela de Desempenho.

4.1 Criação de Perfil

Devido ao fato de o jogador salvar seu progresso, torna-se necessário a criação de um perfil, com escolha de nome. A proposta é que o Caixa de Ossos tenha espaço para até 5 diferentes perfis por vez. Um perfil pode ser editado (alterando o nome) e excluído (liberando espaço para criar um novo perfil).

4.2 Tipos de atividades

As atividades são objetivas, com quatro alternativas, sendo que uma delas é a correta. Os tipos de atividades que existem são os seguintes:

Atividade pré-básica

- Identificar o osso pelo nome:
 - Dentre quatro imagens de ossos diferentes, o usuário deve escolher aquela que corresponde ao nome apresentado.
- Nomear osso pela imagem:
 - A imagem de um osso é apresentada, e o usuário deve escolher o nome correto dentre as opções.

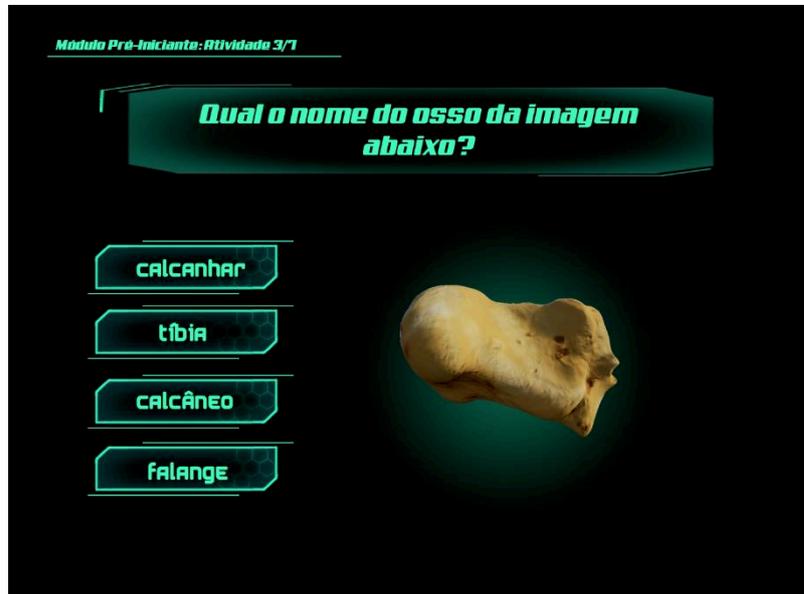


Figura 5: Tela de Atividade, nível pré-básico: nomenclatura.

Atividade básica

- Classificação do osso
 - Com a imagem, o usuário deve escolher o nome do tipo do osso dentre quatro opções disponíveis.
- Classificação e nomenclatura
 - Com o nome, o usuário deve escolher o osso correspondente dentre quatro ossos possíveis.



Figura 6: Tela de Atividade, nível básico: classificação.

Atividade avançada

- Identificar o acidente ósseo pelo nome:
 - Com o nome, o usuário deve escolher uma das quatro posições no osso para apontar corretamente qual acidente ósseo se refere.
- Nomear o acidente ósseo pela localização:
 - Pela localização apontada na imagem do osso, o usuário deve escolher o nome correto do acidente ósseo dentre as opções.
- Diferenciar ossos semelhantes:
 - Alguns ossos são apresentados, junto com nomes. O usuário deve fazer a associação correta entre os nomes e os ossos.
- Posicionar osso no esqueleto parcial:
 - Com uma pequena parte do esqueleto já montada, o usuário deve montar os ossos restantes na posição correta.

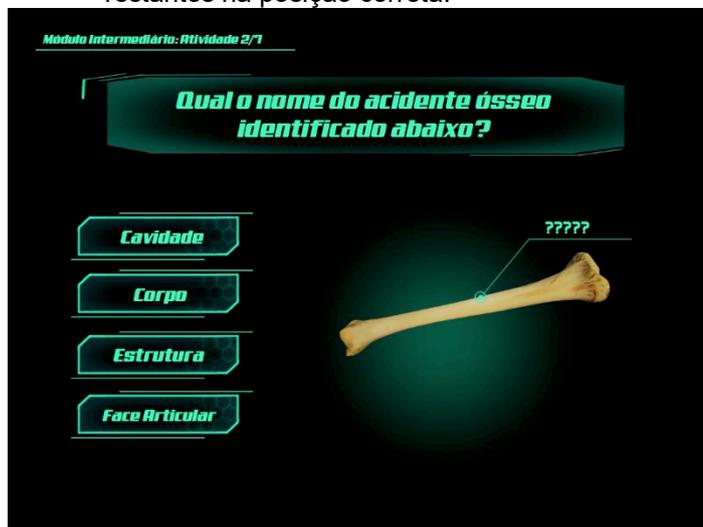


Figura 7: Tela de Atividade, nível avançado: acidentes ósseos.

As atividades não possuem tempo máximo de duração. Mas para cada atividade só há uma única chance. Os erros e acertos são computados, e a liberação de conteúdo acontece quando o usuário atingir uma determinada taxa de acertos (ver abaixo).

4.3 Sistema de Evolução e Desempenho

No modo de Atividades, o usuário irá executar uma série de exercícios divididos em Módulos. Os Módulos, por sua vez, são divididos em Capítulos.

Quando o usuário executar uma série de atividades dentro de um capítulo, ao final o aplicativo apresenta uma tela de desempenho, computando os resultados obtidos.

A tela de desempenho mede os seguintes critérios:

- Identificação e Nomenclatura: ser capaz de identificar e nomear os ossos corretamente;
- Classificação: ser capaz de classificar os ossos;
- Análise dos Acidentes: ser capaz de apontar e nomear cada acidente ósseo dos ossos;

A tela de desempenho apresenta dois indicadores: a taxa de assertividade dividida pelos critérios acima, com base nos conteúdos abordados; a tela de desempenho também apresenta o desempenho por região óssea. Ao longo de cada série de atividades, a tela de desempenho também irá apresentar um gráfico com os resultados na linha do tempo.

Os resultados também apresentam a taxa mínima de acerto para o usuário avançar de Capítulo dentro do mesmo Módulo. Os módulos são acessados de forma independente, não exigindo progresso anterior.

Cada Módulo é dividido em 7 Capítulos. Cada capítulo consiste em uma série de 10 atividades. O usuário precisa atingir 60% de acertos para progredir para o próximo capítulo.

Módulos

- Básico: atividades pré-básicas e básicas
- Intermediário: atividades básicas e avançadas
- Avançado: atividades avançadas



Figura 8: Tela de Desempenho por Capítulo.

- 5. Conteúdo Ósseo

5.1 Axial - Cabeça e Pescoço

Osso	Classificação	Acidentes	Descrição
1. Osso frontal	Osso ímpar, mediano, simétrico plano (ou chato) e pneumático, localizado na região anterior e média da calota craniana .	Fossa anterior do crânio Sulco do seio sagital superior Forame cego Crista frontal Seio frontal Túber frontal Arcos superciliares Forame(s)/incisura(s) supraorbital Glabela Borda supraorbital Processo zigomático Face orbital	Cria a curvatura lisa da testa e protege o lobo frontal do cérebro. Articulações: esfenóide (sutura esfenofrontal), etmóide (sutura fronto-etmoidal), dois parietais (sutura coronal), dois nasais (sutura frontonasal), dois maxilares (sutura frontomaxilar), dois lacrimais (sutura frontolacrimar) e dois zigomáticos (sutura zigomaticofrontal).
2. Osso(s) nasal	Dois pequenos ossos finos e alongados. Eles estão dispostos lado a lado (geminados) na porção média e superior da face , e formam, através de sua união, o dorso do nariz .		Forma, com o nasal do lado oposto o dorso do nariz. Articulações: frontal, etmóide, maxila e osso nasal do lado oposto.
3. Osso(s) lacrimal	Menor osso da face , está situado na porção anterior da parede medial da órbita , e é irregular.	Fossa do saco lacrimal Crista lacrimal posterior	Localiza-se na parte medial da órbita. É o menor osso da face. Articulações: frontal, etmóide, maxila e concha nasal inferior.
4. Osso(s) zigomático	Osso par irregular situado na parte lateral do esqueleto facial formando a proeminência da face, parte lateral e assoalho da órbita.	Forame zigomaticofacial Processo temporal Arco zigomático Processo frontal Face orbital Processo maxilar	Conhecido como ossos das "maças do rosto", propensos a fraturas. É um dos ossos com formato mais irregular do viscerocrânio. Consiste de três processos: temporal (sutura temporozigomática), maxilar (sutura zigomaticomaxilar) e frontal (sutura frontozigomática).
5. Maxila(s)	A maxila é um osso irregular e pneumático da face, com forma piramidal.	Crista lacrimal anterior Espinha nasal anterior Incisura nasal Fossa canina Processo alveolar Processo zigomático Processo frontal Tuberosidade da maxila Seio maxilar Forame(s) infraorbital Forame incisivo (Canais incisivos) Processo(s) palatino Sutura palatina mediana	Forma parte do teto da cavidade oral (além de conter os alvéolos dentais superiores) e do assoalho nasal, maior parte do assoalho da órbita e seios nasais. Articulações: frontal, lacrimal, etmóide, nasal, palatino, concha nasal inferior, zigomático, vômer e maxila do lado oposto.
6. Mandíbula	Osso irregular da face.	Processo(s) condilar Cabeça(s)/côndilo(s) da mandíbula Colo(s) da mandíbula	Cada côndilo da mandíbula articula-se por meio de um disco articular ao osso temporal de cada lado do crânio (articulação temporomandibular).

		<p>Processo(s) coronóide Incisura(s) da mandíbula Ramo(s) da mandíbula Linha(s) oblíqua Corpo da mandíbula Forame(s) mental Protuberância mental Ângulo(s) da mandíbula Arco alveolar Eminências alveolares Forame(s) da mandíbula Fóvea(s) submandibular Sulco(s) milo-hióideo Linha(s) milo-hióidea Fóvea(s) sublingual Espinha Mental Fossa digástrica</p>	
7. Hióide	Grande osso sesamóide abaixo da mandíbula.	<p>Corpo Cornos menores Cornos maiores</p>	Não se articula com nenhum outro osso; mas se liga ao processo estilóide do osso temporal, através do ligamento estilo-hióideo.
8. Vômer	Osso irregular.	Asa(s) do vômer	O vômer articula-se com o esfenóide, etmóide, maxilares e palatinos.
9. Concha(s) nasal inferior	Osso par irregular.		Articula-se com o etmóide, maxilar, lacrimal e palatino.
10. Osso etmóide	Osso irregular e pneumático.	<p>Processo etmoidal (Crista galli) Lâmina crívosa Lâmina perpendicular Lâmina orbital Células etmoidais Concha(s) nasal superior Meato(s) nasal superior Concha(s) nasal média</p>	O etmóide articula-se com o frontal, esfenóide, nasais, maxilares, lacrimais, palatinos, conchas nasais inferiores e vômer.
11. Osso(s) temporal	Osso irregular e pneumático do crânio, pq na sua parte petrosa possui a cavidade timpânica onde localizam-se os 3 ossículos da orelha média: martelo, bigorna e estribo.	<p>Parte escamosa Processo zigomático Fissura petroescamosa Parte petrosa Forame mastóideo Processo mastóideo Incisura mastóidea Forame estilomastóideo Processo estilóide Forame jugular Parte timpânica Meato acústico externo</p>	Articula-se com o occipital, parietal, esfenóide, mandíbula e zigomático.

		Fossa mandibular Tubérculo articular Canal carótico Poro acústico interno	
12. Osso esfenóide	Osso irregular e pneumático.	Asa menor Processo clinóide anterior Canal óptico Asa maior Face orbital Processo clinóide médio Seio esfenoidal Sela turca ou Fossa hipofisária Fissura orbital superior Dorso da sela Forame redondo Forame oval Forame espinhoso Espinha do esfenóide Canal pterigóide Processo pterigóide-lâmina medial e lateral Hâmulo pterigóideo	O esfenóide articula-se com o vômer, etmóide, frontal, occipital, parietais, temporais, zigomáticos e palatinos.
13. Osso(s) parietal	Osso plano do crânio.	Túber(es) parietal Linha(s) temporal superior Linha(s) temporal inferior Forame(s) parietal Sulco(s) da artéria meníngea média Sulco(s) do seio sigmóide	Articula-se com o occipital, frontal, esfenóide, temporais e parietal oposto.
14. Osso occipital	Osso plano do crânio.	Fossa posterior do crânio Linha nugal superior Protuberância occipital externa Linha nugal inferior Canal condilar Tubérculo faríngeo Fossa cerebral Sulco do seio transverso Protuberância occipital interna Fossa cerebelar Canal do hipoglossos Forame magno Côndilo occipital Processo jugular Parte basilar	O occipital articula-se com o atlas, parietais, temporais e esfenóide.

15. Osso(s) palatino	Osso irregular.	Lâmina horizontal Forame(s) palatino maior Forame(s) palatino menor Espinha nasal posterior Lâmina vertical	O palatino articula-se com o esfenóide, etmóide, vômer, palatino do lado oposto, as maxilas e conchas nasais inferiores.
16. Vértebra C1	Atlas. Primeira vértebra cervical. Osso irregular.	Tubérculo anterior Arco anterior do atlas Arco posterior do atlas Tubérculo posterior Face articular inferior Processo transversário Forame transversário Fóvea do dente Forame vertebral	Articula-se com o occipital e CII (Áxis). Não tem corpo vertebral. Possui forames transversários.
17. Vértebra CII	Áxis. Segunda vértebra cervical. Osso irregular.	Dente do áxis Corpo vertebral Processo transversário Forame transversário Processo articular superior Processo articular inferior Arco vertebral Forame vertebral Processo espinhoso	Articula-se com a C1 e CIII. Não tem corpo vertebral. Tem um dente ou processo odontóide. Possui forames transversários e processo espinhoso bifurcado.
18. Vértebras CIII à CVII	Vértebras cervicais. Ossos irregulares.	Corpo vertebral Forame transversário Processo articular superior Forame vertebral Lâmina do arco vertebral Processo espinhoso Pediculo do arco vertebral	Possuem forames transversários. CVII tem processo transversário com ou sem forame transversário e processo espinhoso bem longo.

5.2 Axial - Tronco

Osso	Classificação	Acidentes	Descrição
19. Esterno	Osso plano.	Incisura jugular Incisura clavicular Incisura costal I Manúbrio do esterno Incisura costal II Sínfise manubriosternal Corpo do esterno Incisura costal III	Articula-se com as clavículas de cada lado e cartilagens das sete primeiras costelas verdadeiras do tórax.

		<p>Incisura costal IV Incisura costal V Incisura costal VI Incisura costal VII Processo xifóide Sínfise xifoesternal</p>	
20. Costelas I à VII	<p>Verdadeiras. Ossos alongados</p>	<p>Cabeça da costela Crista da cabeça da costela Face articular da cabeça da costela Colo da costela Face articular do tubérculo da costela Tubérculo da costela Ângulo da costela Corpo da costela Sulco da costela</p>	<p>São assim chamadas por estarem ligadas diretamente ao esterno pelas cartilagens costais.</p>
21. Costelas VIII à X	<p>Falsas. Ossos alongados</p>	<p>Cabeça da costela Colo da costela Tubérculo da costela Ângulo da costela Corpo da costela</p>	<p>São assim classificadas por NÃO estarem ligadas diretamente ao esterno pelas cartilagens costais. Suas cartilagens ficam presas à cartilagem costal da 7ª costela.</p>
22. Costelas XI-XII	<p>Falsas flutuantes. Ossos alongados</p>	<p>Cabeça da costela Colo da costela Tubérculo da costela Ângulo da costela Corpo da costela</p>	<p>Não ficam presas ao esterno e, quando se olha o esqueleto elas parecem flutuar. Mas elas não flutuam, estas costelas servem como ponto de origem e inserção de músculos, além de protegerem os rins e parte do fígado.</p>
23. Vértebras T1 à T12	<p>Vértebras torácicas. Ossos irregulares</p>	<p>Corpo vertebral Fóvea costal superior Incisura vertebral superior Processo articular superior Forame vertebral</p> <p>Fóvea costal inferior</p> <p>Incisura vertebral inferior</p> <p>Processo articular inferior Processo transverso Fóvea costal do processo transverso</p> <p>Lâmina do arco vertebral Processo espinhoso Processo transverso Pedículo do arco vertebral</p>	<p>Têm fóveas costais. Forame vertebral arredondado. Processo espinhoso longo e dirigido para baixo.</p>

24. Vértebras L1 à L5	Vértebras Lombares. Ossos irregulares	Corpo vertebral Processo articular superior Forame vertebral Processo articular inferior Processo costal Processo mamilar Processo acessório Lâmina do arco vertebral Processo espinhoso Pedículo do arco vertebral	Têm processos mamilares e acessórios. Forame vertebral triangular. Processo espinhoso horizontal.
25. Vértebras S1 à S5	Vértebras sacrais. Ossos irregulares	Base do sacro Asa do sacro Promontório Face pélvica Forames sacrais anteriores Âpice do sacro Processo articular superior Canal sacral Tuberosidade sacral Face auricular Crista sacral mediana Crista sacral medial Forames sacrais posteriores Hiato sacral Corno sacral	Vértebras sacrais fundidas.
26. Vértebras Co1 à Co5	Vértebras coccígeas. Ossos irregulares	Corno coccígeo	Vértebras coccígeas fundidas.

5.3 Apendicular - Membros Superiores

Osso	Classificação	Acidentes	Descrição
27. Escápula	Osso plano da cintura escapular.	Margem superior Incisura da escápula Acrômio Face articular clavicular Processo coracóide Tubérculo supraglenoidal Cavidade glenóide Tubérculo infraglenoidal Colo da escápula Face posterior Fossa supra-glenoidal Espinha da escápula Fossa infra-glenoidal Margem lateral Margem medial Face costal	A escápula, uma de cada lado do corpo, articula-se com a clavícula e o úmero.

28. Clavícula	Osso alongado da cintura escapular.	Extremidade esternal Face articular esternal Corpo da clavícula Tubérculo conóide Extremidade acromial Face articular acromial	Articula-se, uma de cada lado do corpo, com a escápula e o esterno.
29. Úmero	Osso longo.	Cabeça do úmero Tubérculo menor Sulco intertubercular Tubérculo maior Epicôndilo medial Fossa coronóide Fossa radial Côndilo(s) do úmero Tróclea do úmero Capítulo do úmero Epicôndilo lateral Corpo do úmero Face posterior Fossa do olécrano	O úmero articula-se, um de lado do corpo, com a escápula, a ulna e o rádio.
30. Ulna	Osso longo.	Olécrano Incisura troclear Processo coronóide Incisura radial Tuberosidade da ulna Corpo da ulna Margem posterior Face medial Cabeça da ulna Processo estilóide da ulna	Articula-se, uma de cada lado do corpo, com o úmero e o rádio.
31. Rádio	Osso longo.	Fóvea Cabeça do rádio Colo do rádio Tuberosidade do rádio Corpo do rádio Face anterior Face posterior Face lateral Processo estilóide do rádio Tubérculo dorsal Incisura ulnar Face articular carpal	O rádio articula-se, um de cada lado do corpo, com a ulna, o úmero, o escafóide e o semilunar.
32. Escafóide	Osso curto do carpo.	Tubérculo do osso escafóide	Articula-se, um em cada carpo, com o rádio proximalmente, o trapézio e o trapezóide distalmente, o capitato e o semilunar medialmente.
33. Semilunar	Osso curto do carpo.		O semilunar articula-se, um em cada carpo, com o rádio proximalmente,

			o capitato e o hamato distalmente, o escafoide lateralmente, o piramidal medialmente.
34. Piramidal	Osso curto do carpo.		Articula-se, um em cada carpo, com o semilunar lateralmente, o pisiforme anteriormente, o hamato distalmente, e proximalmente com o disco articular que o separam da extremidade inferior da ulna.
35. Pisiforme	Osso curto do carpo.		Articula-se, um em cada carpo, com o piramidal.
36. Trapézio	Osso curto do carpo.	Tubérculo do osso trapézio	Articula-se, um em cada carpo, com o escafoide proximalmente, o primeiro metacarpico distalmente, o trapezóide e o segundo metacarpico medialmente.
37. Trapezóide	Osso curto do carpo.		Articula-se, um em cada carpo, com o escafoide proximalmente, o segundo metacarpico distalmente, o trapézio lateralmente e o capitato medialmente.
38. Capitato	Osso curto do carpo.		Articula-se, um em cada carpo, com o escafoide e o semilunar proximalmente; o segundo, o terceiro e o quarto metacarpico distalmente; o trapezóide lateralmente e o hamato medialmente.

39. Hamato	Osso curto do carpo.	Hâmulo do osso hamato	Articula-se, um em cada carpo, com o semilunar proximalmente, o piramidal medialmente, o quarto e o quinto metacárpico distalmente, e o capitato lateralmente.
40. V (quinto) metacarpal	Osso longo do metacarpo.	Base Corpo Cabeça Osso sesamóide	Dedo mínimo. Articula-se com o hamato proximalmente, o quarto metacárpico lateralmente e a sua falange proximal distalmente.
41. IV (quarto) metacarpal	Osso longo do metacarpo.	Base Corpo Cabeça	Dedo anular. Articula-se com o capitato e o hamato proximalmente, o quinto metacárpico medialmente, o terceiro metacárpico lateralmente e a sua falange proximal distalmente.
42. III (terceiro) metacarpal	Osso longo do metacarpo.	Base Processo estilóide Corpo Cabeça	Dedo médio. Articula-se com o capitato proximalmente, o segundo metacárpico lateralmente, o quarto metacárpico medialmente e a sua falange proximal distalmente.
43. II (segundo) metacarpal	Osso longo do metacarpo.	Base Corpo Cabeça Osso sesamóide	Dedo indicador. Articula-se com o trapézio, o trapezóide e o capitato proximalmente; o terceiro metacárpico medialmente e a sua falange

			proximal distalmente.
44. I (primeiro) metacarpal	Osso longo do metacarpo.	Base Corpo Cabeça Ossos sesamóides	Polegar. Articula-se com o trapézio proximalmente e a sua falange proximal distalmente.
45. Falange proximal	Osso longo.	Base Corpo Cabeça	Articula-se com o seu metacárpico correspondente e sua falange média correspondente.
46. Falange média	Osso longo.	Base Corpo Cabeça	Inexistente no polegar. Articula-se com sua falange proximal correspondente e sua falange distal correspondente.
47. Falange distal	Osso longo.	Tuberosidade da falange distal	Articula-se com sua falange média correspondente.

5.4 Apendicular - Membros Inferiores

Osso	Classificação	Acidentes	Descrição
48. Ílio	Osso plano da cintura pélvica, quadril.	Crista ilíaca Asa do ílio Corpo do ílio Fossa ilíaca Espinha ilíaca ântero-superior Espinha ilíaca ântero-inferior Face sacropélvica Tuberosidade ilíaca Face auricular Espinha ilíaca pósterosuperior Espinha ilíaca pósteroinferior	O ílio, antigamente também conhecido por osso ilíaco compõe a maior parte do osso do quadril .
49. Ísquio	Osso plano da cintura pélvica, quadril.	Corpo do ísquio Incisura isquiática menor Espinha isquiática	O ísquio é um osso que constitui a zona inferior posterior da pélvis e que apoia o corpo quando estamos sentados. É o que forma a chamada "bacia" do corpo humano.

		Túber isquiático Ramo do ísquio Incisura isquiática maior	
50. Púbis	Osso plano da cintura pélvica, quadril.	Face semilunar Fossa do acetábulo Corpo do púbis Ramo do púbis Crista obturatória Tubérculo púbico Crista púbica Face sinfisial	Púbis é um osso da pelve que fica no terço inferior anterior, sob a região genital.
51. Fêmur	Osso longo.	Cabeça do fêmur Fóvea da cabeça do fêmur Colo do fêmur Trocanter maior Fossa trocantérica Trocanter menor Crista intertrocantérica Corpo do fêmur Face patelar Epicôndilo lateral Epicôndilo medial Face poplíteia Côndilo lateral Côndilo medial Fossa intercondilar	É o osso mais longo, forte e pesado do esqueleto humano e localiza-se na coxa. Seu comprimento oscila entre um quarto e um terço do comprimento do corpo. Como osso longo possui uma diáfise e duas epífises (proximal e distal). Articula-se com o acetábulo do quadril e no joelho com a tibia e a patela.
52. Patela	Osso curto e sesamóide.	Base Face anterior Ápice Face articular	Grande osso triangular sesamóide inserido no tendão do m. quadriceps femoral. É o "capuz" do joelho, uma vez que, situa-se na frente da articulação do joelho. Articula-se atrás com a face patelar dos côndilos do fêmur.
53. Tibia	Osso longo.	Face articular superior Côndilo lateral Côndilo medial Eminência intercondilar Tuberosidade da tibia Corpo da tibia Face lateral Margem anterior Face medial Maléolo medial Face posterior Face articular fibular Margem interóssea Face articular inferior	A tibia é o segundo mais longo e pesado osso do esqueleto humano. Mede cerca de um quarto a um quinto do comprimento do corpo humano. É o osso da "canela". Situa-se na região medial da perna. Articula-se com o fêmur, a fibula e o tálus.
54. Fíbula	Osso longo.	Ápice da cabeça da fibula Cabeça da fibula Face articular da cabeça da fibula Colo da fibula Face medial Margem anterior Face lateral Maléolo lateral Sulco maleolar Face posterior	Situa-se na parte lateral da perna. Em proporção ao seu comprimento, é o mais delgado de todos os ossos longos. Sua extremidade proximal está um pouco posterior à cabeça da tibia, mas ligando-se por articulação sinovial, e não está incluída na articulação do joelho. Já sua extremidade distal inclina-se um pouco para frente e projeta-se além da tibia, parte lateral do tornozelo, formando articulação com o osso tálus. Sua porção intermediária é ligada à tibia pela membrana interóssea.

		Margem interóssea Face articular do maléolo lateral Fossa maleolar Incisura tibial	
55. Calcâneo	Osso irregular.	Processo medial do tubérculo do calcâneo Tubérculo do calcâneo Processo lateral do tubérculo do calcâneo Tróclea fibular Face articular cubóidea Face articular talar anterior Face articular talar média Sustentáculo do tálus Face articular talar posterior Sulco do tendão do m. flexor longo do hálux	É o maior osso do tarso. Está situado na parte posterior do pé, formando o calcanhar. Articula-se com o tálus e o cubóide.
56. Tálus	Osso irregular.	Face articular navicular Cabeça do tálus Face articular calcânea anterior Face articular calcânea média Colo do tálus Face maleolar medial Corpo do tálus Processo posterior do tubérculo medial do tálus Sulco do tendão do m. flexor longo do hálux Processo posterior do tubérculo lateral do tálus Tróclea do tálus Face maleolar lateral Processo lateral do tálus Face articular calcânea posterior	É o segundo maior dos ossos do tarso. Articula-se com a tibia, o calcâneo, a fíbula e o navicular.
57. Navicular	Osso curto do tarso.	Tuberosidade do navicular	Está situado no lado medial do tarso. Articula-se com o tálus e com os três cuneiformes, e ocasionalmente com o cubóide.
58. Cubóide	Osso curto do tarso.	Tuberosidade do cubóide Sulco do tendão do m. fibular longo Face articular calcânea	Está situado no lado lateral do pé. Articula-se com o calcâneo, cuneiforme lateral, o quarto e quinto metatársicos, e ocasionalmente com o navicular.
59. Cuneiforme lateral	Osso curto do tarso.		Tem a forma de cunha, tendo lateralmente o cubóide. Articula-se com o cubóide, o cuneiforme intermédio, o navicular e o segundo, terceiro, quarto metatársicos.

60. Cuneiforme intermédio	Osso curto do tarso.		Também tem a forma de cunha, mas é o menor dos três cuneiformes. Articula-se com o cuneiforme lateral, o cuneiforme medial, o navicular e o segundo metatársico.
61. Cuneiforme medial	Osso curto do tarso.		Está situado no lado medial do pé. Também tem a forma de cunha, mas é o maior dos três cuneiformes. Articula-se com o cuneiforme intermédio, o navicular, o primeiro e segundo metatársicos.
62. I (primeiro) metatarsal	Osso longo do metatarso.	Base Tuberosidade do primeiro metatarsal Corpo Cabeça Ossos sesamóides	Hálux. É notável por sua grande espessura, mas é o mais curto dos metatársicos. A sua base é em forma de cunha, seu corpo arqueado sendo convexo dorsalmente e a superfície da sua cabeça é, ocasionalmente, achatada. Articula-se com o cuneiforme medial, com sua falange proximal e, algumas vezes, com o segundo metatarsal.
63. II (segundo) metatarsal	Osso longo do metatarso.	Base Corpo Cabeça	Segundo dedo. É o mais longo dos metatársicos, a sua base é em forma de cunha, seu corpo arqueado sendo convexo dorsalmente, prolongando-se proximalmente para encaixar-se no recesso formado pelos três cuneiformes. Articula-se com os três cuneiformes, com sua falange proximal, com o terceiro e, algumas vezes, primeiro metatarsais.
64. III (terceiro) metatarsal	Osso longo do metatarso.	Base Corpo Cabeça	Terceiro dedo. A sua base é em forma de cunha, seu corpo arqueado sendo convexo dorsalmente. Articula-se com o cuneiforme lateral, com sua falange proximal, com o segundo e quarto metatarsais.
65. IV (quarto) metatarsal	Osso longo do metatarso.	Base Corpo Cabeça	Quarto dedo. A sua base é em forma de cunha, seu corpo arqueado sendo convexo dorsalmente. É de tamanho menor que o precedente. Articula-se com o cubóide, o cuneiforme lateral, com sua falange proximal, com o terceiro e quinto metatarsais
66. V (quinto) metatarsal	Osso longo do metatarso.	Base Corpo Cabeça Tuberosidade do quinto metatarsal	Dedo mínimo. A sua base é em forma de cunha, seu corpo arqueado sendo convexo dorsalmente. Articula-se com o cubóide, com sua falange proximal e com o quarto metatarsal.
67. Falange proximal	Osso longo.	Base Corpo cabeça	
68. Falange média	Osso longo.	Base Corpo	Inexistente no hálux, e pode inexistir no dedo mínimo. É notoriamente mais curtas que a falange proximal.
69. Falange distal	Osso longo.	Base Corpo Tuberosidade da falange distal	É menor e mais chata.

- 6. Referências do GDD

Páginas pesquisadas:

<https://pt.scribd.com/doc/61502992>

https://pt.wikipedia.org/wiki/Osso_frontalhttps://pt.wikipedia.org/wiki/Osso_frontal/

[Osso frontal do crânio Humano - Anatomia | Kenhub](https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/osso-frontal)<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/osso-frontal>

<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/ossos>

<https://www.odontoup.com.br/anatomia-da-maxila/>

GRAY, Henry. **Gray Anatomia**. 29. Ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan S. A., 1988. 80-237p.

GARDNER, Ernest; GRAY, Donald J.; RAHILLY, Ronan O'. **Anatomia: Estudo Regional do Corpo Humano**. 4 ed. Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan S. A. 1988. 815p.

APÊNDICE C – Tabela dos trabalhos selecionados durante a pesquisa para formação de referencial bibliográfico.

Development of a Playful Tool to Application in Basic Education Through Educational Tutorial Program of Biochemistry's (ETP)	(Silva et al, 2014)
Biochemistry on the game board: improvements in the teaching-learning process in basic education	(Silva & Rebeca, 2015)
Using Augmented Reality to Bring interactivity to Metabolism Teaching	(E., Magrini, & Garzon, 2014)
Ludokrebs: playing with and learning energetic metabolism	(Pereira, Geonmonond, & Hornink, 2013)
Educational Game Of Learning As Didatic Support In Introduction To Biochemistry Discipline	(Vasconcelos, Almada, Sousa, Miranda, & Fernandes de Melo, 2012)
Approaching Carbohydrates And Its Metabolism: An Experience For Educational Games	(Ribeiro et al., 2016)
Development Of An Interactive Software To Study Energetic Metabolism	(Cardoso, Burth, & Sodr�, 2016)
Metabolic Integration: Beyond The Building Blocks	(Machado, Alves-Oliveira, & Sodr�, 2015)
Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis	(Merchant, Goetz, Cifunte, Keeney-Kennicutt, & Davis, 2014)
ToothPIC: An Interactive Application for Teaching Oral Anatomy	(Javaid, Ashrafi, ˘efran, & Steinberg, 2016)

APÊNDICE D – Questionário

Nome: _____.

Eu sou:

- Estudante de Medicina cursando Anatomia: Sistema Esquelético. Estou na ___^a Fase.
- Estudante de Medicina e já concluí Anatomia: Sistema Esquelético. Estou na ___^a Fase.
- Outros. _____.

Eu sou:

- Homem
- Mulher

Minha idade:

- 17 ou menos
- 18 – 20
- 21 – 23
- 24 – 26
- 27 – 29
- 30 – 32
- 33 – 35
- 36 – 38
- 39 – 41
- 42 ou mais

Em uma semana, o número de horas que gasto em jogos de computador normalmente é:

- 0 h
- até 5h
- até 10h
- até 20h
- mais que 20h

	Discordo Completa mente	Discordo	Sem Opinião	Concordo	Concordo Completa mente
Posso aprender melhor ao relacionar os ossos virtuais do Caixa de Ossos com os ossos na vida real.	1	2	3	4	5
Os ossos virtuais usados no Caixa de Ossos me ajudam a entender a anatomia óssea humana.	1	2	3	4	5
Estou motivado ao perceber que os ossos virtuais do Caixa de Ossos são semelhantes ao que eu quero aprender.	1	2	3	4	5
É fácil fazer referência do osso virtual em relação aos ossos reais porque os formatos são idênticos.	1	2	3	4	5
Eu tenho o controle total do osso tridimensional enquanto utilizo o Caixa de Ossos.	1	2	3	4	5
O Caixa de Ossos me permite procurar os acidentes ósseos na minha própria velocidade.	1	2	3	4	5
Sinto que posso planejar uma rotina de estudos no laboratório de anatomia depois de utilizar o Caixa de Ossos.	1	2	3	4	5
Depois de utilizar o Caixa de Ossos, sinto que aprendi e adquiri novos conhecimentos.	1	2	3	4	5
Sinto que posso adquirir mais conhecimentos à medida que utilizo mais o Caixa de Ossos.	1	2	3	4	5
Aprender a operar o Caixa de Ossos foi fácil.	1	2	3	4	5
Acho o Caixa de Ossos fácil de usar.	1	2	3	4	5

ANEXO A – Parecer consubstanciado do comitê de ética em pesquisa com seres humanos referente ao projeto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de um Sistema Interativo para Estudo em Osteologia no Ensino Superior

Pesquisador: Milton Luiz Horn Vieira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 20406018.4.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.648.008

Apresentação do Projeto:

Projeto de pesquisa de Gabriel de Souza Prim e do professor Milton Luiz Horn Vieira Laboratório de Design (DesignLab) do Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Estudo de desenvolvimento e análise qualitativa para verificação do aprendizado do conteúdo, com 30 participantes divididos em dois grupos: 15 farão estudo de anatomia com auxílio do software de computador e 15 estudarão anatomia em auxílio de software. Critérios de inclusão: Alunos de medicina da graduação na Universidade Federal de Santa Catarina. Critérios de exclusão: não constam. Intervenções: O software desenvolvido será apresentado ao público alvo no decorrer das aulas de anatomia. Instruções a utilizarem o aplicativo como material de estudo complementar, o aplicativo para computador objetiva se integrar ao cotidiano do aluno, sem descartar outros materiais de estudo, como os livros atlas. Após estudo com o auxílio do aplicativo, será aplicado questionário.

Destaca-se que o software em desenvolvimento se refere apenas à parte óssea do membro inferior humano.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Desenvolver procedimentos, apoiados pelo design, que promovam o

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.648.008

aprendizado da identificação dos ossos humanos e seus acidentes ósseos para estudantes de graduação na área da saúde.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Análise adequada dos riscos e benefícios.

Riscos: Todos os cuidados foram tomados para que você não tenha acidentes durante a participação neste projeto. No entanto, ressalta-se a possibilidade de ocorrer eventuais desconfortos, cansaços ou constrangimentos ao participar da pesquisa. Há ainda o risco involuntário e não intencional em relação à quebra de sigilo dos dados coletados, embora sejam tomados cuidados para que não ocorram. A pesquisa será realizada de forma anônima e pode ser interrompida a qualquer momento de acordo com a sua necessidade. Assim, busca-se reduzir os riscos de ordem física ou psicológica para você. Caso haja qualquer risco ou dano significativo a você que estejam ou não previstos neste TCLE, o fato será comunicado imediatamente ao Sistema CEP/CONEP. Este estudo pode ser adequado ou suspenso caso seja constatada necessidade, visando oferecer segurança ao participante.

Benefícios: Melhora na capacidade de memorização do conteúdo de anatomia óssea. Possível diminuição do contato com o formol dentro do laboratório anatómico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto não identifica a origem dos pesquisadores, dados encontrados apenas no TCLE. Não constam informações se o projeto é uma pesquisa do grupo ou se será objeto de tese de Gabriel de Souza Prim. A folha de rosto vem assinada pelo Sub-Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design/UFSC.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A folha de rosto vem assinada pelo Sub-Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design/UFSC. Autorização institucional, nos termos da resolução 466/12, assinada pelo Coordenador do Curso de Medicina/CCS/UFSC.

TCLE atende as exigências da resolução 466/12.

Cronograma informa coleta de dados entre 01 e 15 de novembro de 2019.

Não consta o questionário para coleta de dados.

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 3.648.008

Recomendações:

Sem recomendações adicionais.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado para ser realizado com participantes com 18 anos ou mais.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1228439.pdf	03/10/2019 00:59:52		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE3.pdf	03/10/2019 00:29:08	GABRIEL DE SOUZA PRIM	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclaracaoAnuencia.pdf	06/09/2019 20:00:16	GABRIEL DE SOUZA PRIM	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	07/11/2018 10:51:36	GABRIEL DE SOUZA PRIM	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_preenchida.pdf	07/11/2018 09:04:47	GABRIEL DE SOUZA PRIM	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FLORIANOPOLIS, 17 de Outubro de 2019

Assinado por:
Nelson Canzian da Silva
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II, R: Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

ANEXO B – Declaração de anuência do coordenador do curso de graduação em medicina da Universidade Federal de Santa Catarina

DECLARAÇÃO DE ANUÊNCIA

Declaro para os devidos fins e efeitos legais que, objetivando atender as exigências para a obtenção de parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, e como representante legal do Curso de Graduação em Medicina, da Universidade Federal de Santa Catarina, tomei conhecimento do projeto de pesquisa sob responsabilidade do pesquisador Gabriel de Souza Prim intitulado: Desenvolvimento de um Sistema Interativo para Estudo em Osteologia no Ensino Superior, e cumprirei os termos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares, e como esta instituição tem condição para o desenvolvimento deste projeto, autorizo a sua execução nos termos propostos.

Florianópolis, 04 de Setembro de 2019.


Prof. Dr. Aroldo Prohmann de Carvalho
Coordenador do Curso de
Graduação em Medicina – CCS/UFSC
Portaria nº 2.701/2018/GR

Prof. Dr. Aroldo Prohmann de Carvalho
Coordenador do Curso de Graduação em Medicina/UFSC