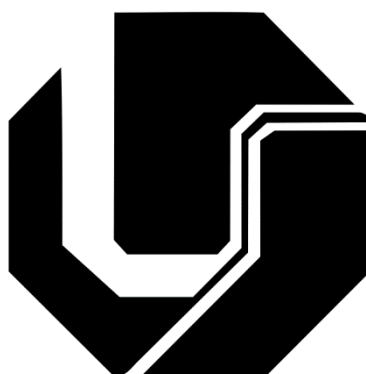


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



***SERIOUS GAME* NO TRATAMENTO DE OBESIDADE INFANTIL: UMA
PROPOSTA DE INTERAÇÃO NATURAL COM MONITORAMENTO REMOTO**

MARCIO RUBENS SOUSA SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Orientador: Edgard Afonso Lamounier Jr, Ph.D.

Co-orientador: Alexandre Cardoso, Dr.

Uberlândia – MG, 2014

MARCIO RUBENS SOUSA SANTOS

***SERIOUS GAME* NO TRATAMENTO DE OBESIDADE INFANTIL: UMA
PROPOSTA DE INTERAÇÃO NATURAL COM MONITORAMENTO REMOTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica como parte das atividades para obtenção do título de Mestre em Ciências pela Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, na área de concentração Processamento da Informação: Computação Gráfica.

Prof. Orientador: Edgard Afonso Lamounier Jr, Ph.D.

Prof. Co-orientador: Alexandre Cardoso, Dr.

Uberlândia – MG, 2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S237s
2016 Santos, Marcio Rubens Sousa, 1984-
Serious Game no tratamento de obesidade infantil: uma proposta de interação natural com monitoramento remoto / Marcio Rubens Sousa Santos. - 2016.
122 f. : il.

Orientador: Edgard Afonso Lamounier Júnior.
Coorientador: Alexandre Cardoso.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
Inclui bibliografia.

1. Engenharia elétrica - Teses. 2. Obesidade nas crianças - Teses. 3. Exercícios físicos - Teses. 4. Jogos por computador - Teses. I. Lamounier Júnior, Edgard Afonso, 1964- II. Cardoso, Alexandre, 1964- III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. IV. Título.

CDU: 621.3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

***SERIOUS GAME NO TRATAMENTO DE OBESIDADE INFANTIL: UMA
PROPOSTA DE INTERAÇÃO NATURAL COM MONITORAMENTO REMOTO***

MARCIO RUBENS SOUSA SANTOS

Texto apresentado à Universidade Federal de Uberlândia perante a banca de examinadores abaixo, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Banca examinadora:

Prof. Edgard Afonso Lamounier Jr, PhD – Orientador (UFU)

Prof. Alexandre Cardoso, Dr. – Co-orientador (UFU)

Prof. Augusto Wohlgemuth Fleury Veloso da Silveira. (UFU)

Prof. José Augusto Remo Brega (UNESP)

MARCIO RUBENS SOUSA SANTOS

***SERIOUS GAME* NO TRATAMENTO DE OBESIDADE INFANTIL: UMA
PROPOSTA DE INTERAÇÃO NATURAL COM MONITORAMENTO REMOTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Prof. Edgard A. Lamounier Jr, PhD.

Orientador

DEDICATÓRIA

A meu pai, Edson: A quem eu venho dedicando tudo o que eu faço, desde antes de ter qualquer coisa para dedicar a alguém.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e avós pelo amor, sacrifício e por serem o exemplo de pessoa que eu devo ser. Ao Sr. Amado Oliveira e d. Maria Oliveira, pela acolhida nesses anos de idas e vindas à Uberlândia.

Ao Professor Everton Borges, diretor da Faculdade de Educação Física da Universidade de Rio Verde, GO, pela assessoria e pronta disponibilidade na realização deste trabalho.

Aos Professores Edgard Lamounier e Alexandre Cardoso pela confiança, apoio e conselhos durante todo o decorrer do mestrado.

PUBLICAÇÕES

SANTOS, M.R.S; LAMOUNIER Jr, E.A. “Serious Game no tratamento de Obesidade Infantil: Uma proposta com Kinect e Unity3D com suporte a monitoramento remoto”. Workshop de Realidade Virtual e Aumentada 2013, Jataí, GO, 2013

RESUMO

SANTOS, Marcio Rubens Sousa. *Serious game* no tratamento de obesidade infantil: Uma proposta de ambiente virtual com monitoramento remoto. 2014. 112p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica – Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia. 2014.

A quantidade de pessoas com sobrepeso vem aumentando nos últimos anos. Fatores como atenção aos hábitos alimentares e mudanças no estilo de vida são apontados como cruciais na prevenção e controle da obesidade e doenças ligadas a ela. Especialistas acreditam que tais ações são mais eficazes quando iniciadas durante a infância, e que crianças educadas em um ambiente que estimule a prática de atividades físicas acabam por se tornar adultos mais saudáveis. Porém, um grande desafio é despertar e manter o interesse por tais atividades, que são inicialmente percebidas como repetitivas e enfadonhas e, devido a isso, logo abandonadas. Os jogos de computador, tradicionalmente vistos como estimulantes ao sedentarismo vêm abandonando essa imagem por meio do uso de controles não-convencionais que exigem movimento constante do jogador. Os *exergames*, aplicativos que aliam a ludicidade de tais jogos à prática de atividades físicas por meio de dispositivos como o Kinect, da Microsoft, podem se revelar ferramentas interessantes nesse cenário, contando com a familiaridade da interação através de Interfaces Naturais em conjunto com o desafio e a diversão dos *videogames*, de modo a tornar exercícios físicos atraentes para crianças em idade escolar. O projeto desenvolvido consiste de um *exergame* composto por diversas atividades concebidas e implementadas com a participação de um Educador Físico, voltado para crianças entre oito e dez anos de idade, cujo desempenho e evolução podem ser acompanhadas remotamente por um profissional por meio de interface web. A aplicação oriunda deste trabalho teve seu desenvolvimento acompanhado por meio de testes realizados com um conjunto de concluintes do curso de Bacharelado em Educação Física da Universidade de Rio Verde, GO, sendo posteriormente validada por meio de questionários cujos resultados acompanham este trabalho.

Palavras-chave: *Serious game*, obesidade infantil, Kinect, Exergame

ABSTRACT

SANTOS, Marcio Rubens Sousa. Serious Game to treat Childhood Obesity: proposal of a virtual environment with remote monitoring. 2014. 112p. M.Sc. dissertation in Electrical Engineering – Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia. 2014.

The number of overweight people has increased in the last few years. Factors such as attention to diet and changes in lifestyle are crucial in the prevention and control of obesity and diseases related to it. Experts believe that such actions are most effective when initiated during childhood, and that children raised in an environment that encourages physical activity ultimately become healthier adults. However, to arouse and maintain interest in such activities represent a major challenge, which are initially perceived as repetitive and boring, and, thus, soon abandoned. Computer games, traditionally seen as stimulants to a sedentary lifestyle are changing this perception using non-conventional controls that require constant movement of the player. Applications that combine the playfulness of such games to physical activity through devices, like Microsoft Kinect, might become interesting tools in this scenario, by using the familiarity of Natural User Interfaces along with the challenge and the fun of video games, in order to make attractive exercise routines for schoolchildren. The project carried out consists of an exergame composed of several activities designed and implemented with the participation of a Physical Educator, aimed at children between eight and ten years old, whose performance and progress can be remotely monitored by a professional via web interface. The application arising from this work was accompanied by tests with a group of graduating Physical Education students from the University of Rio Verde GO, and subsequently validated through questionnaires whose results are shown on this work.

Keywords: *Serious game*, child obesity, Kinect, Exergame.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relações no comportamento nutricional familiar	8
Figura 2 - Gerenciamento de obesidade em uma comunidade	8
Figura 3 - O Sensorama	14
Figura 4 - Ivan Sutherland e seu sistema de Realidade Virtual	15
Figura 5 - o VCASS em 1983.....	16
Figura 6 - Modelo de uma artéria no cérebro e dispositivo de visualização	18
Figura 7 - O SEFIRV realizando um experimento com RV.....	19
Figura 8 - O Oculus Rift	20
Figura 9 - O Google Glass.....	21
Figura 10 - Óculos estereoscópico nVidia 3D Vision	22
Figura 11 - Pinos atuadores em um tactile monitor	23
Figura 12 - Sistemas de luvas para Realidade Virtual	24
Figura 13 - A Virtusphere e sua plataforma	24
Figura 14 - Aparência externa do Kinect.....	26
Figura 15 - O Kinect por dentro	27
Figura 16 - Elementos da biblioteca de poses do Kinect.....	29
Figura 17 - Articulações detectadas pelo Kinect	29
Figura 18 - Uma aplicação de SG em alfabetização.....	32
Figura 19 - O GeoespacoPEC, SG para o ensino de geometria	33
Figura 20 - O SimParc	33
Figura 21 - Simulador de artoplastia de joelho.....	35
Figura 22 - Treinamento de biópsia usando SG	35
Figura 23 - Serious Game para o tratamento de agorafobia	36
Figura 24 - SG no diagnóstico de transtornos de atenção	37
Figura 25 - o AR-Insect phobia	38
Figura 26 - Validando o Kinect	41
Figura 27 - Estimativa de centro de massa com Kinect e Wii Balance Board	43
Figura 28 - Exergame em reabilitação motora	44
Figura 29 - Evolução dos paradigmas de interface.....	46
Figura 30 - Interface CLI e Interface GUI.....	46
Figura 31 - Exemplos de interfaces orgânicas.....	47

Figura 32 - Exergames com dificuldade dinâmica	50
Figura 33- Variação do ritmo cardíaco e gasto calórico.....	52
Figura 34 - Um ambiente de monitoramento de exergames em rede.....	54
Figura 35 - o Physioplay: um serious game para lesões na coluna	55
Figura 36 - Caso de Uso do módulo Cliente	61
Figura 37 - Diagrama de atividade do módulo Cliente	63
Figura 38 - Componentes do sistema proposto	63
Figura 39 - Camadas de processamento do módulo Cliente	67
Figura 40 - Interface do Unity 3D versão 4.2.1	68
Figura 41 - Cabos de conexão do Kinect para PC.....	70
Figura 42 - Exemplo de codificação JSON	73
Figura 43 - Diagrama de Fluxo de dados do Active.....	74
Figura 44 - Tela de login da aplicação	76
Figura 45 - Tela de aviso do sistema	77
Figura 46 - Modelo conceitual de interação	77
Figura 47 - Criação de um personagem animado no Blender	78
Figura 48 - Adequação ergonômica em atividade do módulo Cliente	79
Figura 49 - Uma atividade sendo selecionada	81
Figura 50 - Tela exibida antes de uma atividade	82
Figura 51 - Uma atividade do módulo Cliente	82
Figura 52 – Uma das telas da interface de monitoramento	83
Figura 53 - Processo de validação	86
Figura 54 - Critérios de avaliação em usabilidade	88
Figura 55 - Experiência dos avaliadores com jogos eletrônicos	89
Figura 56 - Sucesso na seleção de atividades no menu	89
Figura 57 - Respostas para as funcionalidades do sistema.....	90
Figura 58 - Experiência geral de uso dos avaliadores	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - IMC para diagnóstico de obesidade	6
Quadro 2 - Posição de juntas usando o Kinect e marcadores	42
Quadro 3 - Comparativo entre os sistemas	56
Quadro 4 - Requisitos do módulo Cliente	59
Quadro 5 - Requisitos do módulo Webservice	60
Quadro 6 - Requisitos do módulo de acompanhamento	60
Quadro 7 - Caso de uso "Manter Estatísticas de Uso"	61
Quadro 8 - Caso de uso "Iniciar Atividade"	61
Quadro 9 - Caso de uso "Validar Usuário"	62
Quadro 10 - Caso de uso "Escolher Atividade"	62
Quadro 11 - Valores MET de referência	80

LISTA DE ABREVIACÕES

CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CERV	Comissão Especial de Realidade Virtual
CLI	<i>Command-line interface</i>
CSS	<i>Cascade Style Sheet</i>
DOF	<i>Degrees of Freedom</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
HMD	<i>Head-Mounted Display</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IMC	Índice de Massa Corporal
JSON	<i>Javascript Object Notation</i>
KCAL	Quilocaloria
MET	<i>Metabolic Equivalent of Task</i>
NUI	<i>Natural user Interface</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
SBP	Sociedade Brasileira de Pediatria
SDK	<i>SOftware</i>
SG	<i>Serious Game</i>
SVR	<i>Symposium on Virtual and Augmented Reality</i>
TDAH	Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UniRV	Universidade de Rio Verde
VCASS	<i>Visually Coupled Airbone Systems Simulator</i>
VRML	<i>Virtual Reality Modeling Language</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>
WRV	<i>Workshop de Realidade Virtual</i>
WRVA	<i>Workshop de Realidade Virtual e Aumentada</i>
XNA	<i>XNA's Not Acronymed</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Hipóteses.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura do trabalho.....	3
2. FUNDAMENTOS	4
2.1 Obesidade.....	4
2.1.1 Diagnóstico.....	5
2.1.2 Morbidades.....	6
2.1.3 Tratamento	7
2.1.4 Prevenção	8
2.1.5 Obesidade Infantil	9
2.1.6 O Educador Físico e a prevenção à obesidade infantil.....	10
2.1.7 Limites no treinamento físico para crianças.....	11
2.2 Realidade Virtual	12
2.2.1 Histórico da Realidade Virtual	13
2.2.2 Aplicações	17
2.2.3 Sensores e dispositivos.....	19
2.3 O Kinect.....	25
2.3.1 Especificações técnicas	27
2.3.2 Reconhecimento de movimentos	28
2.3.3 Reconhecimento de voz e facial.....	30
2.4 <i>Serious games</i>	30
2.4.1 Exemplos de aplicações	31
2.5 <i>Exergames</i>	38
2.5.1 Questões de projeto para <i>exergames</i>	39

2.5.2 Validação de <i>hardware</i> para <i>exergames</i>	41
2.5.3 Exemplos de aplicações de <i>Exergames</i> em ambiente acadêmico	43
2.6 Interfaces Naturais com o usuário.....	44
2.6.1 Evolução das interfaces	45
2.6.2 Diretrizes para Interfaces Naturais com o Kinect	48
2.7. Considerações Finais	49
3. TRABALHOS RELACIONADOS	50
3.1 <i>Exergames</i> personalizados	50
3.2 Gasto energético com o Kinect em crianças em idade escolar	51
3.3 Revisão sistemática do uso de Exergames em aulas de Educação Física.....	52
3.4 <i>Exergames</i> implementados por meio de um <i>framework</i> para jogos em nuvem	53
3.5 O <i>Phisioplay: exergame</i> para reabilitação	54
3.5 Comparações entre sistemas existentes	55
3.6 Considerações finais	56
4. ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS.....	58
4.1. Especificação do sistema	58
4.1.1 Casos de uso	60
4.1.2 Diagrama de atividades	62
4.2 Arquitetura do sistema	63
4.4 <i>Game Bible</i>	64
4.4 Considerações finais	64
5. DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO	66
5.1 Tecnologias empregadas.....	66
5.1.1 Unity.....	68
5.1.2 O Kinect for Windows SDK	70
5.1.3 <i>KinectWrapper</i>	71
5.1.4 JSON e SimpleJSON.....	72

5.1.5 Serviços <i>Web</i>	73
5.2 Questões de usabilidade e Interface	74
5.2.1 Usabilidade no <i>Aktive</i>	76
5.2.3 Ergonomia e ergometria no <i>Aktive</i>	79
5.3 Ciclo de uma atividade.....	81
5.4 Considerações finais	83
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
6.1 Metodologia do teste.....	85
6.2 Elaboração do questionário.....	86
6.3 Resultados	88
6.4 Considerações finais	90
7. CONCLUSÕES	92
7.1 Trabalhos futuros	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXO 1	100
ANEXO 2	102
ANEXO 3	103

1. INTRODUÇÃO

Segundo relatório divulgado anualmente pelo Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013), em 2012 o número de adultos com sobrepeso no Brasil já representava um pouco mais da metade da população adulta: 54% dos homens e 48% das mulheres acima de 18 anos se encontravam acima da faixa ideal, sendo que 17% dos participantes da pesquisa já apresentam casos clínicos de obesidade. O excesso de peso já é tratado como questão de saúde pública pela Organização Mundial de Saúde e está associado, em maior ou menor grau, a quadros de artrite, diabetes, hipertensão arterial e doenças do coração, configurando-se como uma das causas de morte que apresenta maior crescimento na última década, especialmente em países desenvolvidos.

Distúrbios alimentares e hábitos sedentários, tidos como aspectos ambientais, aliados à influência de componentes fisiológicos e metabólicos diversos, foram identificados como itens marcantes na gênese dos comportamentos podem levar um indivíduo à obesidade. Pediatras constataram que, apesar de alguns dos indicadores de risco para a doença surgirem até mesmo durante o período de gestação e amamentação, é durante a infância que ações educativas são mais eficazes. Além disso, é nessa etapa do desenvolvimento humano que os efeitos psicológicos, como baixo rendimento intelectual, baixa autoestima e problemas de relacionamento são mais acentuados (LOPES, PRADO e COLOMBO, 2010). A Sociedade Brasileira de Pediatria também reforça a necessidade de tratamento desde a infância, constatando que cerca de 30% dos adultos obesos foram crianças com algum sobrepeso. Em casos de morbididades, cerca de 75% dos casos iniciaram-se nessa etapa da vida (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA, 2008).

O incentivo a mudanças alimentares e a prática de atividades físicas visando a prevenção a obesidade em crianças em idade escolar devem ser, na medida do possível, relacionadas a atividades recreativas de modo que tais práticas sejam incorporadas de maneira permanente à rotina desses indivíduos. A diversão que uma atividade física proporciona é citada por professores de Educação Física como o principal motivo pelo qual crianças irão participar ou não de atividades físicas de maneira regular. Além disso, a sua ausência é frequentemente citada como uma das principais causas do repúdio a tais atividades (WILLIAMS e GERMAIN, 2008).

Os *Exergames* consistem de uma modalidade de *Serious Games* – jogos interativos de caráter principalmente educativo – que fazem uso de controladores não-convencionais de jogos

eletrônicos, bem como um conjunto diverso de sensores, aliando a prática de atividades físicas ao uso de videogames, tradicionalmente vistos como indicadores de um estilo de vida sedentário. Em uma aplicação desse tipo, o usuário interage com o ambiente virtual por meio de movimentos do corpo transferidos para um avatar que o representa, de modo a realizar os desafios propostos. Unindo a imersão propiciada pela Realidade Virtual com a excitação do ambiente competitivo dos jogos de computador, os *exergames* vêm alcançando resultados positivos na introdução de atividades físicas tanto no ambiente escolar quanto fora dele por meio da criação de atividades físicas divertidas, assegurando assim o interesse repetido por parte de seu público-alvo (VAGHETTI, SPEROTTO e BOTELHO, 2010).

1.1 Hipóteses

O trabalho desenvolvido teve como base as seguintes hipóteses:

- É possível desenvolver um ambiente lúdico para a realização de atividades físicas por crianças utilizando técnicas de Realidade Virtual e jogos eletrônicos;
- O Kinect é suficiente para a captura de movimentos que serão utilizados no sistema e dados biométricos capturados por esse dispositivo e disponibilizados para uso profissional;
- Ao utilizar o sistema, o usuário o percebe mais como uma brincadeira do que como uma atividade física repetitiva e enfadonha.

1.2 Objetivos

O objetivo do presente trabalho é analisar o uso de ambientes de Realidade Virtual de modo a explorar o aspecto lúdico de exercícios físicos voltados para crianças por meio da construção de um *exergame* a ser utilizado no combate e tratamento da obesidade na faixa etária entre sete e dez anos de idade por meio de atividades lúdicas implementadas com o sensor Kinect. Para tanto o sistema deve:

- Apresentar as atividades físicas de maneira lúdica e divertida, levando em consideração a experiência da criança ao utilizá-lo, de maneira que o usuário se sinta compelido a fazer uso do sistema continuamente;

- Permitir o monitoramento da frequência de seu uso, bem como outros dados biométricos, por um profissional educador físico situado remotamente por meio de serviço web.
- Ser elaborado de maneira a levar em consideração os aspectos fisiológicos e biométricos de seus usuários principais, evitando lesões por esforço repetitivo e seções demasiadamente longas de jogo.
- Oferecer uma interface amigável ao usuário, com indicações claras de uso e abstrações adaptadas à faixa-etária de seu público.

1.3 Estrutura do trabalho

O trabalho, de modo a facilitar o entendimento do leitor e fornecer os fundamentos teóricos requeridos por suas áreas de aplicação, está organizado como se segue:

O Capítulo 2 contém a fundamentação bibliográfica da obra, apresentando inicialmente os conceitos relevantes sobre obesidade infantil e suas comorbidades, seguidos por um panorama histórico da Realidade Virtual, seu uso em treinamento e simulação, além dos equipamentos e periféricos utilizados para este fim. Após isso, são mostradas aplicações de R.V. em saúde e condicionamento físico.

O Capítulo 3 contém uma seleção de trabalhos relacionados ao tema desta obra, procurando mostrar o estado da arte na pesquisa neste campo.

O Capítulo 4 mostra a especificação dos requisitos para a implementação do *software* bem como os diagramas pertinentes.

O Capítulo 5 mostra os detalhes do desenvolvimento do sistema bem como as adequações que se fizeram necessárias durante os testes iniciais do protótipo.

No Capítulo 6 é mostrado o processo de validação do sistema por profissionais de Educação Física, bem como algumas das limitações encontradas.

As conclusões do trabalho são mostradas então, assim como sugestões para trabalhos futuros que venham a continuar a pesquisa iniciada por meio deste.

2. FUNDAMENTOS

Este capítulo busca fornecer ao leitor o embasamento teórico necessário para compreender os conceitos abordados neste trabalho. Inicia com a definição de obesidade, seu diagnóstico, as doenças relacionadas a ela – suas comorbidades – e discorre sobre estratégias para tratamento e prevenção. Além disso, é abordada a ocorrência de sobrepeso em crianças, bem como os comportamentos típicos que levam ao surgimento desse quadro nessa etapa da vida.

Em seguida, são abordados conceitos referentes a Computação Gráfica e Realidade Virtual: as definições pertinentes, o histórico da área, os equipamentos utilizados e exemplos de aplicações em uma variedade de campos do conhecimento.

Os *serious games* são definidos e mostrados em conjunto com exemplos diversos. As Interfaces Naturais com o Usuário e questões de projeto pertinentes são abordadas, visto que o sistema faz uso desses conceitos na implementação de suas telas e diálogos com o usuário.

2.1 Obesidade

A Obesidade é o acúmulo de tecido gorduroso, localizado ou generalizado, provocado por desequilíbrio nutricional associado ou não a distúrbios genéticos ou hormonais. (ABESO, 2009/2010). Aspectos ambientais, como distúrbios alimentares e sedentarismo, aliados à influência do metabolismo e de outros componentes fisiológicos, têm sido identificados como itens importantes na gênese dos comportamentos que levam à essa condição.

O Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013) disponibiliza em relatório anual informações sobre sobrepeso no país. Os adultos com sobrepeso no Brasil já representam mais da metade da população: 54% dos homens e 48% das mulheres acima de 18 anos se encontram acima da faixa ideal, sendo que 17% dos participantes da pesquisa que originou o documento apresentam casos clínicos de obesidade.

A obesidade resulta da combinação de fatores genéticos, ambientais e comportamentais. A distribuição anatômica da gordura, os perfis de gasto energético e a suscetibilidade ao ganho de peso aparentam ser controlados por um grupo de mais de quatrocentos genes, já isolados, que atuam em diferentes aspectos da regulação do peso

corporal. A globalização e as mudanças estruturais nas sociedades humanas ocorridas durante a segunda metade do século XX, criando um ambiente avesso à atividade física e que incentiva o consumo sem critério são frequentemente lembradas como um dos gatilhos que elevou à proporção de epidemia os casos de sobrepeso registrados principalmente nos países em desenvolvimento (SBP, 2008).

Segundo a Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e Síndrome Metabólica (2010), A etiologia da obesidade é complexa e multifatorial, resultando da interação de genes, proteínas, ambiente, estilos de vida e fatores emocionais.

Pesquisas comparando o organismo de obesos e não-obesos demonstram que os obesos têm níveis séricos aumentados da leptina, responsável pela diminuição do apetite. Pessoas obesas teriam sido dessensibilizadas à essa proteína. Apesar disso, problemas de peso relacionados aos níveis dessa substância são raros (SBP, 2008).

A ausência de atividade física no cotidiano também é apontada como uma das causas da epidemia de obesidade, em conjunto com o consumo cada vez maior de alimentos hipercalóricos. Estresse, nervosismo e ansiedade são comuns em pacientes com sobrepeso.

A obesidade também é sensível à classe social do paciente. Um maior grau de riqueza acompanhado por uma escolaridade baixa é geralmente seguido pela preferência de consumo de alimentos de baixo custo e grande densidade energética, como açúcares e gorduras. A preferência por alimentos de preparo rápido, ricos em gorduras e sódio também é condicionada à condição social. Alguns medicamentos também têm efeito no processo de regulação do peso, notadamente corticoides e benzodiazepínicos (ABESO, 2009/2010).

2.1.1 Diagnóstico

O diagnóstico da obesidade, bem como de sua gravidade, é feito com base em medidas antropométricas e padrões internacionalmente estabelecidos. A OMS estabeleceu o índice de massa corporal, o IMC, como medida a ser considerada para a constatação da doença. O IMC relaciona o peso, a altura e idade, porém desconsidera a distribuição de gordura no corpo. Geralmente o diagnóstico formal é efetuado por meio da combinação do IMC com a medida da circunferência da cintura. O Quadro 1 mostra a classificação de IMCs de acordo com os padrões da OMS. Um indivíduo com IMC maior ou igual a 25 kg/m² possui sobrepeso, sendo que tal

categoria, por sua vez, é subdividida representando o aumento no risco de comorbidades associadas.

Classificação	IMC (kg/m²)	Risco de comorbidades
Baixo peso	< 18,5	Baixo
Peso normal	18,5-24,9	Médio
Sobrepeso	≥ 25	-
Pré-obeso	25,0 a 29,9	Aumentado
Obeso I	30,0 a 34,9	Moderado
Obeso II	35,0 a 39,9	Grave
Obeso III	≥ 40,0	Muito grave

Quadro 1 - IMC para diagnóstico de obesidade

FONTE: (SBP, 2008)

No diagnóstico de obesidade em crianças e adolescentes, entretanto, o IMC não é um índice confiável, visto que a relação peso/altura nessa faixa etária está relacionada também com idade, desenvolvimento ósseo-muscular e estágio de maturação sexual. Um indicador que costuma ser utilizado nesses casos é o índice de obesidade, (IO, consistindo de peso atual/peso no percentil 50/estatura atual/estatura no percentil 50 x 100), que indica quanto do peso do paciente excede seu peso esperado, corrigido para a estatura. De acordo com esse índice, a obesidade é considerada leve quando o IO é de 120 a 130%, moderada quando é de 130 a 150%, e grave quando excede 150% (MELLO, LUFT e MEYER, 2004). Porém, o método falha em prever surtos de crescimento fora do padrão, comuns no início da adolescência.

2.1.2 Morbidades

O Excesso de peso já é tratado como questão de saúde pública pela Organização Mundial de saúde e está, em maior ou menor grau, associado a quadros de hipertensão arterial, artrite, diabetes e doenças cardíacas, sendo uma das causas de morte que apresenta maior crescimento nos últimos anos. O relatório compilado por ela (WHO, 2000) lista alguns dos riscos associados ao excesso de peso:

- Predisposição a um conjunto de fatores de risco cardiovascular, incluindo irregularidades na pressão arterial, tanto sistólica quanto diastólica, aumento nos níveis de colesterol, alterações nos níveis de tolerância à glucose e é um agravante nos casos de doença arterial coronariana;

- Aumento no risco de câncer de endométrio, ovários, cervical e de mama (pós-menopausa) em mulheres obesas, em especial àquelas com excesso de gordura abdominal em tratamento de reposição hormonal;
- Aumento, em cerca de quarenta vezes, no risco de incidência de diabetes *mellitus*, especialmente em pessoas que são obesas desde a infância;
- Aumento nos casos de ocorrência de pedras na vesícula devido à supersaturação da bile por colesterol;
- Uma série de distúrbios endócrinos, com especial destaque à resistência à insulina;
- Aumento nos níveis de lipídios no sangue, o que pode levar a arteriosclerose;
- Problemas psicológicos, de autoimagem e de autoestima, principalmente em crianças e adolescentes em idade escolar.

2.1.3 Tratamento

O tratamento da obesidade é complexo e multidisciplinar, sempre envolvendo mudanças significativas no estilo de vida do paciente. Quanto maior o excesso de peso, maior a gravidade da doença e a abordagem personalizada é fundamental para o sucesso da terapia. Embora se possa utilizar medicamentos, dietas de valor calórico muito baixo e, às vezes, cirurgia nos graus II e III, as mudanças de estilo de vida por meio de alterações cognitivo-comportamentais são fundamentais. O tratamento com base em dietas de restrição de calorias apresenta resultados duradouros quando aliado a um aumento no gasto energético do paciente por meio de atividades físicas e, em determinadas situações acompanhamento psicológico (ABESO, 2009/2010).

Em crianças e adolescentes, é crucial analisar também os padrões de alimentação paternos. Se esses não forem modificados em conjunto, o insucesso do tratamento é evidente (MELLO, LUFT e MEYER, 2004). A Figura 1 mostra a relação experimental existente entre o comportamento nutricional da criança e de sua família.

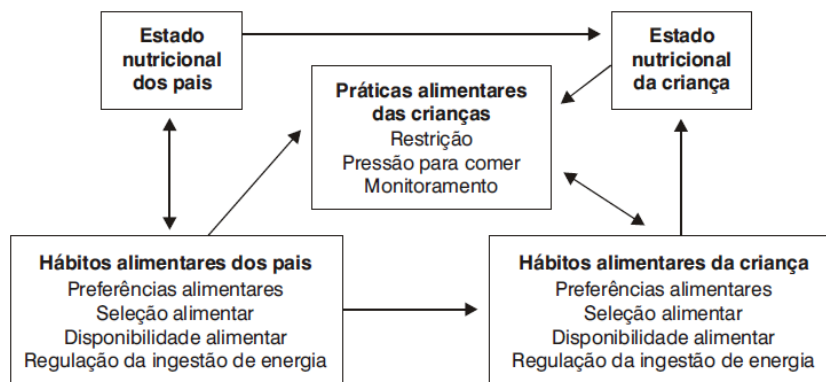


Figura 1 - Relações no comportamento nutricional familiar

FONTE: (MELLO, LUFT e MEYER, 2004)

Em alguns casos, a simples inserção de algum tipo de atividade física regular, mesmo sem o elemento de restrição de consumo de calorias já se provou o suficiente para redução sistemática do IMC em crianças em idade escolar com sobrepeso (ALVES, GALÉ, *et al.*, 2008).

2.1.4 Prevenção

Ações que busquem prevenir a obesidade são mais fáceis, baratas e mais eficazes do que aquelas que apenas buscam tratá-la quando aparece. Devido a isso, a Organização Mundial de Saúde estabelece um conjunto de ações com o objetivo de nortear políticas públicas no enfrentamento ao sobrepeso, de maneira a gerenciar indivíduos doentes enquanto educa a sociedade na qual ele se encontra inserido, de maneira a coibir o ganho epidêmico de massa gorda. A Figura 2 mostra como tais atividades, acontecendo simultaneamente, são organizadas.

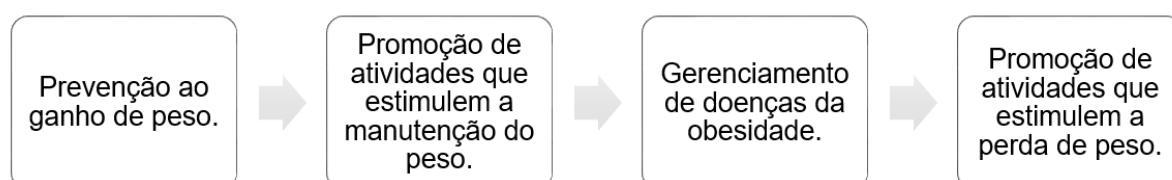


Figura 2 - Gerenciamento de obesidade em uma comunidade

FONTE: adaptado de (WHO, 2000).

A escola, como ambiente de transmissão de conhecimento, tem um papel fundamental nesse processo, visto que tem o poder de criar hábitos saudáveis desde a primeira década de vida. É importante que seja incorporado ao currículo formal das escolas, em diferentes séries, o estudo de nutrição e hábitos de vida saudável, pois neste local e momento é que pode começar o interesse, o entendimento e mesmo a mudança dos hábitos dos adultos (MELLO, LUFT e MEYER, 2004).

2.1.5 Obesidade Infantil

A obesidade infantil, está relacionada a várias complicações na vida adulta, como também a uma maior taxa de mortalidade. Quanto mais tempo o indivíduo se mantém obeso, maior é a chance das complicações ocorrerem, assim como mais precocemente. (MELLO, LUFT e MEYER, 2004).

Pediatras constataram que apesar de alguns dos fatores de risco para a obesidade surgirem até mesmo durante a gestação, é durante a infância que ações educativas são mais efetivas. Além disso, é nessa etapa do desenvolvimento humano que os efeitos psicológicos, como baixa autoestima, baixo rendimento intelectual e problemas de relacionamento são mais acentuados (LOPES, PRADO e COLOMBO, 2010) A necessidade de tratamento desde a infância é reforçada por dados da Sociedade Brasileira de Pediatria, que constatou que cerca de 30% dos adultos obesos foram crianças com sobrepeso. Em casos de obesidade mórbida, cerca de 75% dos casos se iniciaram nessa faixa-etária (SBP, 2008).

Hábitos sedentários que surgem nessa faixa etária, como assistir televisão, contribuem para a diminuição dos gastos calóricos. A taxa de obesidade em crianças que assistem menos de 1 hora diária é de 10%, enquanto que o hábito de persistir por 3, 4, 5 ou mais horas por dia vendo televisão está associado a uma prevalência de cerca de 25%, 27% e 35%, respectivamente. Mello (2004) nota que a atividade física convencional dificilmente é tolerada por longos períodos de tempo nessa idade, pois é um processo repetitivo, pouco lúdico e artificial, visto que os movimentos realizados não fazem parte do universo da criança

Além da falta de motivação para a atividade física, os hábitos alimentares também têm um papel-chave no controle do sobrepeso na infância. O aumento do tamanho das porções de salgadinhos e número de porções de açúcar destinados ao consumo infantil durante os últimos

anos, ocorrido devido ao acirramento da competição no ramo de restaurantes de comida rápida tem sido apontado como um dos fatores cruciais na instauração da chamada epidemia de obesidade nos países desenvolvidos (YOUNG e NESTLE, 2002).

2.1.6 O Educador Físico e a prevenção à obesidade infantil

O profissional qualificado para supervisionar ações como as propostas pela OMS de maneira eficaz e sistemática no ambiente escolar é o educador físico. No Brasil, os objetivos da Educação Física nos diferentes níveis de ensino são estabelecidos pelo Decreto nº 69.450 de 1º de novembro de 1971. Segundo o decreto, o objetivo da disciplina na educação infantil é favorecer a consolidação de hábitos higiênicos, o desenvolvimento corporal e mental harmônico, a melhoria da aptidão física, o despertar do espírito comunitário, da criatividade entre outros que concorram para completar a formação integral da personalidade (BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA., 1971). O professor deve, portanto, formular objetivos de ensino de acordo com tais metas e assegurar-se de que elas foram atingidas ao final do período.

Os professores de Educação Física, ao acatar estratégias para combater o sedentarismo, contribuem de maneira satisfatória para a promoção de saúde de seus alunos, visto que o exercício, o esporte e a aptidão física aparecem como conteúdos essenciais da Educação Física escolar. É um desafio ao professor dessa disciplina mostrar ao aluno que as atividades físicas são de fundamental importância na manutenção da saúde e devem ser um hábito para toda a vida (ARAÚJO, BRITO e SILVA, 2010).

Ao professor cabe, também, a seleção dos procedimentos metodológicos mais adequados ao estágio do desenvolvimento psicomotor da criança de acordo com sua faixa etária. A seguir, tem-se um resumo da evolução cognitiva esperada nas primeiras séries do ensino fundamental (GALLARDO, OLIVEIRA e ARAVENA, 1998):

- 1ª série – De 6 a 7 anos: Apresentam ainda dificuldades para se organizar no trabalho em grupo, início da compreensão de normas e identificação de ideias-chave relacionadas a um conteúdo. As atividades podem ser trabalhadas como jogos de construção, simbólicos ou com regras, dando prioridade ao desenvolvimento das capacidades sociais, motoras, afetivas, cognitivas e de relações interpessoais. Os jogos envolvem a manipulação de peças e brinquedos concretos;

- 2ª série – de 8 a 9 anos: Predomínio dos jogos com regras definidas e marcados por construções conceituais. A violação de uma regra é tida como falta grave. A aprendizagem ocorre pela combinação de habilidades específicas e ocorre uma valorização das aptidões físicas individuais;
- 3ª série – de 9 a 10 anos: Valorização do desempenho técnico, uso da discussão e avaliação de diferentes pontos de vista. Regras mais flexíveis e com variações. Início da aproximação e interesse pelo sexo oposto. Cuidado e vergonha ao se mostrar;
- 4ª série – de 10 a 11 anos: Domínio das habilidades básicas e suas variações. Identificação com um esporte em específico. Formação de grupos coesos com regras para ingresso. Início da puberdade.

A criança, de acordo com os limites de sua faixa-etária, deve manter-se ativa de modo a evitar o sedentarismo. É na escola que ela pode começar a se interessar pela atividade física e aprender a cultivar hábitos saudáveis (MELLO, LUFT e MEYER, 2004).

2.1.7 Limites no treinamento físico para crianças

Apesar de que muito do que se sabia sobre o uso de cargas em exercícios físicos direcionados para crianças de até dez anos de idade ser exagerado (problemas com espaçamento entre ossos devido ao processo de crescimento e danos aos ossos da bacia, por exemplo), o uso de pesos nessa faixa etária deve ser restrito e acompanhado de perto por um especialista, visto que:

- O equilíbrio e o desenvolvimento postural atingem níveis adultos por volta dos oito anos de idade;
- A destreza e a habilidade manual de crianças nessa idade ainda estão em desenvolvimento. Os acidentes reportados com pesos geralmente são fruto disso;
- O mau uso dos pesos pode levar a lesões mesmo em adultos supervisionados cientes de seus movimentos, quanto mais em crianças com supervisão escassa.

- O condicionamento aeróbico deve ser priorizado nessa faixa etária e o profissional deve possuir formação específica para esse público (COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS, 2008).

2.2 Realidade Virtual

A Realidade Virtual (R.V.) é uma ciência que faz uso de uma série de conhecimentos de diversas áreas, como a computação, a psicologia, a eletrônica, a robótica e a cognição para possibilitar a criação de sistemas computacionais que ofereçam imersão e interatividade para simular ambientes simulados multissensoriais que ofereçam estímulos ao usuário por meio de dispositivos específicos (MACHADO, 2003).

O cérebro recebe do mundo a sua volta estímulos advindos dos órgãos sensoriais percebendo uma representação internalizada do meio externo. A Realidade Virtual tem por objetivo simular tais respostas sensoriais através de dispositivos diversos (VON SCHWEBER e VON SCHWEBER, 1995) por meio da interação com ambientes tridimensionais gerados por computador. Trata-se de uma interface homem-máquina avançada que simula um ambiente realístico com participantes que interagem com ela (LATTA e OBERG, 1994).

Uma das vantagens do uso desse tipo de sistema é o controle de processos computacionais por meio de representações tridimensionais interativas e o transporte do conhecimento e da experiência do usuário com o mundo físico para o mundo virtual (KIRNER, 1996). A visualização e movimentação nesse espaço simulado podem ser enriquecidas quando a simulação também leva em conta os sentidos do tato e audição.

Dessa forma, preferencialmente a aparência do ambiente deve ser tão realista quanto suas respostas a estímulos. Porém a velocidade de tais respostas deve ser suficiente para que o tempo de processamento do sistema como um todo não comprometa a experiência de uso. Tradicionalmente aplicações gráficas são computacionalmente exigentes, então todos os aspectos do sistema, sejam eles gráficos, de simulação física, comunicação pela rede ou processamento de entradas e saídas devem ser cuidadosamente balanceados para que seja mantida a sensação de fluidez do ambiente como um todo.

O realismo visual do sistema é menos importante que sua velocidade de execução, visto que o intervalo aceitável para interações em tempo real é da ordem de 100 milissegundos.

Para isso, o sistema deve ser capaz de gerar, no mínimo, 10 quadros por segundo, sendo 20 quadros o desejável de modo a criar uma experiência visual mais fluida e suportar melhor animações (TORI e KIRNER, 2006).

Um sistema de Realidade Virtual deve, portanto, convencer ao máximo quem o utiliza que o ambiente mostrado é real por meio do isolamento do ambiente externo e através de estímulos que provoquem experiências multissensoriais as mais diversas possíveis. O objetivo é que a interação seja facilitada a ponto de que o usuário não encontre mais diferenças entre o real e o simulado, e que sua sensação de imersão seja tamanha que ele esqueça de que não se encontra realmente naquele espaço. Entretanto, níveis maiores de realismo e imersão costumam requerer dispositivos dedicados, que elevam o custo geral de projetos de RV.

Tradicionalmente, ambientes virtuais são classificados de acordo com o grau de envolvimento de quem os usa: Sistemas *imersivos* fazem amplo uso de periféricos especializados de modo a maximizar a sensação de realismo sensorial, enquanto sistemas *não-imersivos* tendem a usar um conjunto menor de equipamento dedicado, fazendo uso de monitores convencionais. Ainda que, ocasionalmente, possam se utilizar de dispositivos típicos da RV imersiva, esse tipo de sistema depende de maneira mais significativa do engajamento de quem o utiliza na experiência, visto que ele jamais é completamente isolado do ambiente real que o cerca.

2.2.1 Histórico da Realidade Virtual

Experimentos com a criação de sistemas imersivos remontam à década de 1950, quando Morton Heilig criou o “Cinema de experiências” que, por meio de estímulos táteis e visuais, causava uma sensação de imersão em filmes estereoscópicos reproduzidos em um dispositivo que ocupava todo o campo de visão do espectador e era diferente de tudo o que havia até então (KIRNER, 1996). Em 1962 o cineasta construiu um protótipo totalmente mecânico de seu sistema, chamando-o de “Sensorama” além de cinco curtas-metragens a serem exibidos por ele. Por vinte e cinco centavos de dólar, o usuário poderia experimentar todas as sensações de um passeio de dez minutos por Nova Iorque (ROBINETT, 1994).



Figura 3 - O Sensorama

Em 1958 a Philips desenvolveu os primeiros protótipos de capacetes com monitores que exibiam imagens captadas por câmeras estáticas, de modo a simular a presença dentro de um ambiente remoto. Tais capacetes foram os precursores dos *Head-mounted displays* (HMD) utilizados atualmente (NETTO e MACHADO, 2002).

Também nessa época, começaram a ser desenvolvidos simuladores de voo com algum tipo de resposta visual, que eram usados na formação de pilotos militares fazendo uso de computadores analógicos, como o Mark I. Um painel contendo imagens de uma paisagem era capturado por uma câmera e exibido em monitores posicionados nas janelas da cabine do simulador. A câmera era montada sobre um sistema pneumático que respondia aos comandos do piloto em treinamento, movendo-se através do painel e criando a sensação de que o aparelho estava, de fato, sobrevoando a paisagem. (PAGE, 2009)

Na década de 1960, Ivan Sutherland descreveu o que seria o “dispositivo de exibição definitivo”: uma interface teórica que pudesse detectar todos os movimentos e reações de um usuário e gerar um recinto artificial que pudesse, inclusive, controlar a existência de matéria, criando e destruindo objetos sólidos indistinguíveis dos objetos reais (SUTHERLAND, 1965). Esse trabalho é tido como o marco inicial na pesquisa por ambientes imersivos e a primeira descrição de uma “Realidade Virtual” (NETTO e MACHADO, 2002). Na busca por tal sistema, Sutherland apresentou, em sua tese de doutorado, um capacete provido com sensores e telas que exibiam um modelo aramado gerado por computador (Figura 4).

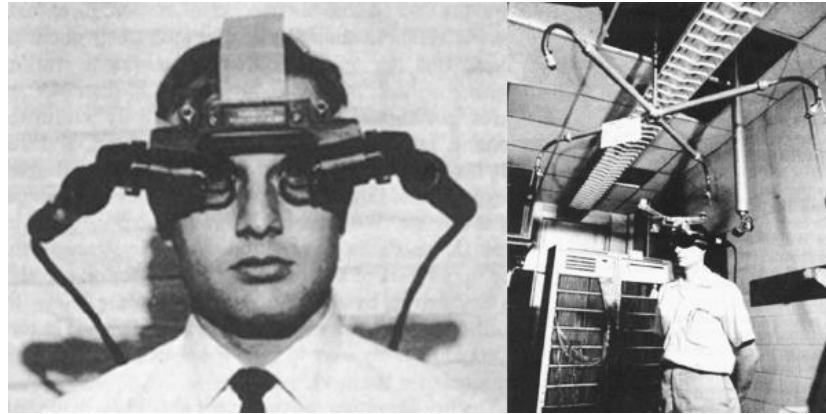


Figura 4 - Ivan Sutherland e seu sistema de Realidade Virtual

Ele também usou uma versão de seu capacete para controlar duas câmeras no topo de um edifício. Os movimentos do usuário eram utilizados para girar as câmeras, cujas imagens eram exibidas em pequenos monitores posicionados na altura dos olhos. Sutherland constatou que as respostas emocionais do usuário eram equivalentes às que ele teria se estivesse realmente em cima do prédio. Esse dispositivo foi o precursor dos capacetes de realidade virtual utilizados até hoje.

O termo “Realidade Artificial” surge na década de 1970, a partir dos trabalhos de Myron Krueger combinando sistemas de vídeo e computadores. Ele foi também um dos primeiros a estudar a intersecção entre arte e interação em ambientes tridimensionais, além de implementar os primeiros sistemas de Realidade Virtual de projeção, desenvolvendo um modelo de interação que dispensa o uso de qualquer equipamento junto ao corpo do usuário (TURNER, 2002).

Durante a década de 1980, os sistemas de simulação de grande porte se popularizaram: O *Visually Coupled Airbone Systems Simulator (VCASS)* desenvolvido por Thomas Furness para a Força Aérea Americana integrava um conjunto de HMDs compartilhando o mesmo espaço virtual, um conjunto de sensores e joysticks para simular a operação da cabine de um avião com seis graus de liberdade. Uma versão desse sistema oferecia suporte a luvas de dados e foi desenvolvida pela NASA a partir de 1985. No ano seguinte, o sistema já respondia a comandos de voz, se comunicava com astronautas em treinamento por meio de voz sintetizada e exibia som e imagens estereoscópios em tempo real (PIMENTEL e TEIXEIRA, 1995). A figura 5 mostra (a) o *cockpit*, os controles e o capacete desenvolvidos nas etapas iniciais do projeto bem como um exemplo de terreno gerado pelo sistema (b).

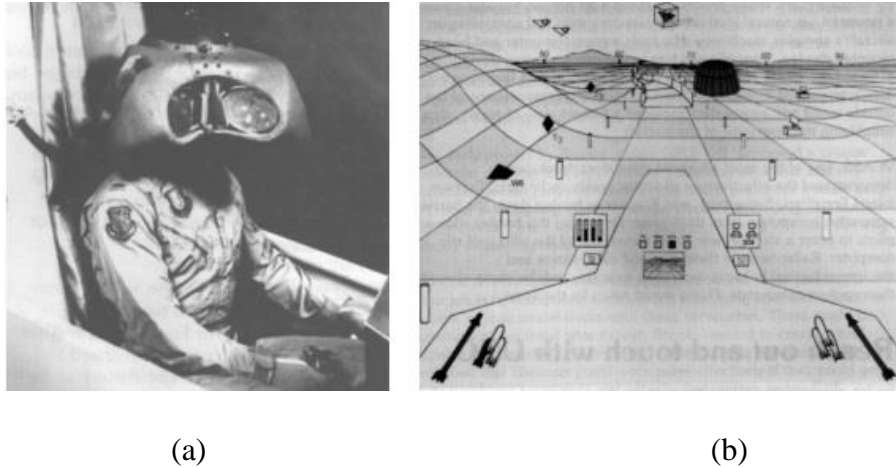


Figura 5 - o VCASS em 1983

FONTE: (PIMENTEL e TEIXEIRA, 1995)

Apesar de caros, esses sistemas fomentaram a criação de diversos núcleos de pesquisa e desenvolvimento ao redor do mundo e começaram a surgir empresas especializadas na fabricação de equipamentos para sistemas de simulação. A popularização de tais soluções integradas foi impulsionada pela criação de ambientes que eram executados em computadores pessoais, dispensando o uso de estações de trabalho dedicadas e de grande porte. O primeiro sistema desse tipo foi apresentado pela *Autodesk* em 1989 (NETTO e MACHADO, 2002).

Nesse mesmo ano Jaron Lanier, um Cientista da Computação e artista americano, utiliza pela primeira vez de maneira formal o termo “Realidade Virtual”, atentando à busca de uma mistura perfeita entre o ambiente real, sua representação virtual e a experiência de utilização desse tipo de sistema, dessa vez por meio da utilização de um conjunto específico de sensores e periféricos (TORI e KIRNER, 2006).

Em 1994 surge uma linguagem específica para descrição de objetos e ambientes de realidade virtual, a *Virtual Reality Modeling Language* (VRML). Com a sua popularização surgiram outras, como a X3D e a biblioteca Java3D. A interação com ambientes VRML é conseguida por meio de sua fácil integração com ambientes de programação, tanto para a internet quanto para desktop.

O rápido desenvolvimento dos sistemas de computação nos anos 2000 possibilitou a criação de ambientes virtuais mais realistas e capazes de oferecerem suporte a um conjunto maior de entradas do usuário. Novos sensores detectando gestos e movimentos, permitem que o usuário interaja com os sistemas virtuais, dispensando o uso de capacetes ou luvas, mantendo a mesma precisão, de modo a aumentar a liberdade de interação ao mesmo tempo que o custo

de implantação da Realidade Virtual tem caído continuamente, como resultado da ampla disponibilidade de hardware especializado (ZHOU e DENG, 2009).

No Brasil, o interesse acadêmico por essa área remonta aos meados da década de 1990, com a criação do primeiro evento nacional sobre o assunto, o Workshop de Realidade Virtual (WRV'97), realizado na Universidade de São Carlos, que abrigava o primeiro grupo de RV nacional, criado em 1995. Em 1999 foi criada a Comissão Especial de Realidade Virtual (CERV) filiada à Sociedade Brasileira de Computação e criada com o objetivo de formalizar e organizar a comunidade de pesquisadores de Realidade Virtual e, posteriormente, de Realidade Aumentada.

Atualmente o Brasil comporta uma das mais antigas comunidades de Realidade Virtual fora dos Estados Unidos, com cerca de 29 grupos de pesquisa e realizando dois eventos anualmente: O *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SVR), de caráter internacional, e o *Workshop de Realidade Virtual e Aumentada* – WRVA (KIRNER, 2008).

2.2.2 Aplicações

Devido às suas características, a Realidade Virtual se revelou de grande valia nos processos de treinamento e simulação de procedimentos nos mais diversos campos do conhecimento humano. (CARDOSO e LAMOUNIER JR, 2006) citam aplicações em engenharia, arquitetura, medicina, processos industriais, ensino de Ciências e Matemática entre outros.

Em medicina, a RV tem sido usada no processo de educação médica e treinamento de novos procedimentos. Nos Estados Unidos essa modalidade de ensino é tão comum que a certificação de cirurgião especialista em laparoscopia inclui o treinamento em ambiente virtual, bem como endoscopia e cirurgia endovascular. Após a formação, o médico continua usando sistemas de RV no tratamento personalizado de pacientes e até mesmo em procedimentos remotos, nos quais o especialista, visualizando um modelo virtual em um ambiente imersivo, guia uma mão robótica em outro centro cirúrgico (SINGH e DARZI, 2013).

Em neurocirurgia, a preparação de equipes para intervenções cirúrgicas em aneurismas de grande porte se beneficia da liberdade de exploração anatômica fornecida pelo modelo tridimensional individual para cada paciente tratado de modo a traçar estratégias de dissecação

que minimizem o risco de sequelas. A Figura 6 mostra a representação da inserção de um clipe de titânio em um modelo 3D construído a partir de uma tomografia volumétrica na parte esquerda da artéria cerebral média e o *Dextroscope*, o dispositivo através do qual o modelo é visualizado.



Figura 6 - Modelo de uma artéria no cérebro e dispositivo de visualização

FONTE: (FERROLI, TRINGALI, *et al.*, 2010)

No tratamento de fobias, a Realidade Virtual permite que pacientes enfrentem seus medos em um ambiente seguro e adaptável, sem correr perigo real. Um exemplo de aplicação para esse fim foi apresentado por (MEDEIROS e RIBEIRO, 2007) que tratou do medo de aviões (aviofobia) através da representação virtual de diversas situações de risco.

Já em Arquitetura, a elaboração e visualização de projetos e ambientes virtuais permite que possíveis compradores caminhem por seu imóvel antes mesmo da construção das fundações e passeios virtuais, com diferentes graus de interação, são comuns em grandes empreendimentos imobiliários (NETTO e MACHADO, 2002).

Na indústria, a RV se integra aos processos de projeto auxiliado por computador (*Computer-Aided Design – CAD*) de modo a permitir a construção e planejamento de novos produtos, inclusive em ambientes de design cooperativos. O modelo pode ser submetido a diversas simulações, em conjunto com motores de simulação física e possíveis falhas podem ser eliminadas ainda na etapa de projeto. (JEZERNIK e HREN, 2003).

No ensino de ciências, alguns fenômenos físicos e químicos podem ser representados e repetidos facilmente sob diferentes condições em ambientes artificiais. A Figura 7 mostra um sistema desenvolvido na Universidade Federal de Uberlândia para o ensino de uma variedade de fenômenos físicos utilizando RV não-imersiva: O Sistema de Experiências Físicas Instrucional em Realidade Virtual – SEFIRV, implementa vinte e seis simulações interativas e

foi desenvolvido com acompanhamento pedagógico, obtendo resultados satisfatórios no processo de ensino dos conteúdos abrangidos. (SILVA, 2006).

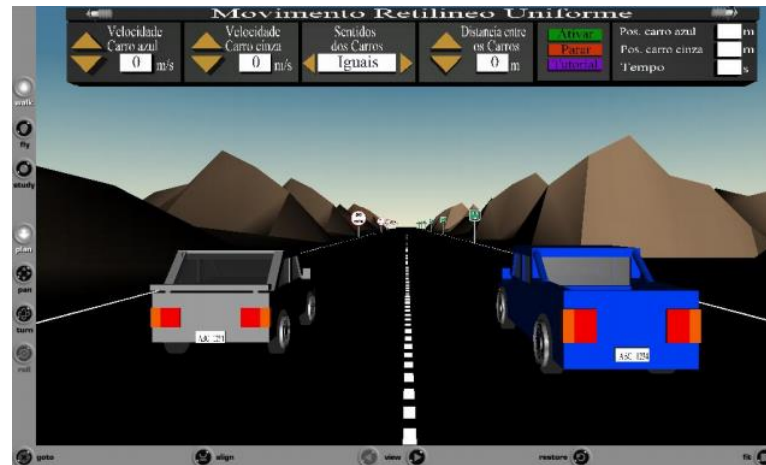


Figura 7 - O SEFIRV realizando um experimento com RV.

FONTE: (SILVA, 2006)

2.2.3 Sensores e dispositivos

Para aumentar o grau de imersão nos sistemas de Realidade Virtual, foram sendo desenvolvidos equipamentos específicos para uso nesse tipo de sistema. Tais dispositivos buscam transpor a maior gama possível de interações do usuário para o ambiente artificial, desde seus movimentos, gestos, comandos de voz, passando até mesmo por suas expressões faciais. Da mesma forma, os periféricos de saída especializados procuram transmitir ao utilizador de maneira realista, as reações da simulação às suas ações.

A seguir serão listados alguns dos dispositivos de entrada e saída mais comuns encontrados em sistemas de Realidade Virtual. A quantidade de tais equipamentos e sensores a ser utilizada está geralmente ligada ao orçamento do projeto. (TORI e KIRNER, 2006).

Dispositivos de saída de dados em Sistemas de Realidade Virtual buscam, em maior ou menor grau e de acordo com os limites do projeto, isolar os sentidos dos estímulos externos ao ambiente simulado. Equipamentos desse tipo estimulam principalmente a audição e a visão. *Hardware* que produza estímulos táteis e olfativos existe, porém não é tão comum.

Os dispositivos que geram os sons do ambiente virtual procuram emular o modo como os dois ouvidos humanos percebem sons e os posicionam no espaço tridimensional. A

combinação de placas de som ou softwares dedicados a produzir áudio 3D e equipamentos como fones de ouvidos produz resultados satisfatórios.

(MACHADO e CARDOSO, 2006) dividem os dispositivos de visualização em duas categorias: os *individuais*, compreendendo os dispositivos HMD (*head-mounted display*), e os *coletivos*, nos quais se enquadram os monitores e demais sistemas de projeção.

O HMD, também conhecido como vídeo-capacete, é composto por duas telas de TV montadas na altura dos olhos e pode funcionar também como um dispositivo de entrada de dados, visto que os movimentos da cabeça de quem usa o capacete são medidos através de sensores. É um dos dispositivos mais populares de interface para Realidade Virtual devido ao isolamento sensorial que proporciona (NETTO e MACHADO, 2002).

O primeiro dispositivo desse tipo completamente funcional foi desenvolvido por Ivan Sutherland como parte do seu projeto “*Ultimate Display*” na década de 1970, sendo aprimorado posteriormente através de projetos como o VCASS da NASA, já mencionado. Atualmente, a ampla gama de utilizações dos HMDs criou uma indústria, que serve desde as forças armadas, com modelos que chegam a custar duzentos e cinquenta mil dólares, a equipamentos voltados para o lazer por quinhentos dólares ou menos (KRESS e STARNER, 2013).

(MACHADO e CARDOSO, 2006) citam o aparecimento de capacetes mais leves e fáceis de vestir, semelhantes a óculos: os *face-mounted displays*. Um exemplo dessa classe de equipamentos é o *Oculus Rift* (Figura 8): um par de telas de alta resolução e baixa latência, oferecendo visão estereoscópica e cerca de 110° de campo de visão, associadas a um conjunto de sensores que rastreiam a posição da cabeça. O dispositivo, ainda em estágio de desenvolvimento, é disponibilizado em conjunto com um *framework* para criação de aplicações e é voltado primariamente para aplicações de entretenimento (YOUNGER, 2014).



Figura 8 - O Oculus Rift

O *Google Glass* (Figura 9) é outro dispositivo derivado do conceito de *face-mounted display* que consiste em uma unidade de processamento e sensores montados na haste de uma estrutura em formato de óculos, com as lentes ocupando uma parte da porção lateral do campo de visão. Diferentemente dos HMDs, que buscam isolar o usuário do mundo exterior, o *Glass* oferece uma tela semitransparente possibilitando a combinação da imagem gerada pelo sistema e a imagem real captada pelo olho do usuário.

Versões de teste do *Glass* operam em conjunto com um *smartphone* com sistema operacional *Android* e funcionam como uma segunda tela a esses dispositivos, além de possuírem uma câmera integrada para a gravação de vídeos. Os movimentos da cabeça são captados através do uso de uma combinação de acelerômetros e giroscópios também instalados na haste. O dispositivo tem previsão de lançamento para o final de 2014 (KRESS e STARNER, 2013).



Figura 9 - O Google Glass

FONTE: (KRESS e STARNER, 2013)

Em sistemas mais simples, monitores convencionais podem ser utilizados para visualização do ambiente virtual, porém, fornecendo uma menor imersão em relação aos equipamentos vistos anteriormente. A combinação de teclados e *mouse* como dispositivos de entrada e monitores como saída, por serem encontrada na maioria dos computadores pessoais, fornece uma forma de interação prática e de baixo custo com ambientes virtuais. Algumas soluções, como o uso de óculos obturadores, chegam a permitir a visualização de imagens estereoscópicas e a captura de movimentos de cabeça. A Figura 10 mostra um óculos de visão estereoscópica da *nVidia*. A placa de vídeo do computador gera imagens para o olho esquerdo e direito intermitentemente. Um sinal de sincronia é enviado pelo emissor exibido na figura para o óculos, que obtura as lentes na ordem apropriada.



Figura 10 - Óculos estereoscópico nVidia 3D Vision

FONTE: nvidia.com

O uso de monitores e projetores permite a criação de ambientes virtuais que podem ser experimentados simultaneamente por diversos usuários em um mesmo espaço físico. Sistemas dedicados a esse tipo de interação são chamados de *muros de visualização* quando envolvem um projetor apenas, ou *ambientes de visualização*, quando fazem uso de um conjunto de dois a seis projetores dispostos de modo a envolver os participantes no ambiente artificial (MACHADO e CARDOSO, 2006).

Além dos dispositivos visuais de saída, existem também os chamados *dispositivos físicos*, que buscam reproduzir sensações de tato, temperatura e resistência. O uso de atuadores ou pistões associados a uma luva, por exemplo, pode simular o peso que um objeto virtual teria no mundo real, estimulando a resposta adequada de quem a usa, no que se costuma chamar de *force feedback*.

A Figura 11 mostra um conceito de *tactile monitor* (monitor tátil), um dispositivo que geraria a sensação de toque e relevo de maneira análoga ao processo como monitores formam imagens. O conjunto consiste em pinos atuadores dispostos em forma de matriz que seriam elevados e tocariam o dedo do usuário caso fosse detectada alguma colisão com modelos do sistema. Quando distribuídos em cada dedo e dispostos em uma luva, os monitores táteis seriam capazes de emular sensações de toque refinadas, podendo até reproduzir a textura de superfícies irregulares (PINHO, 2002).

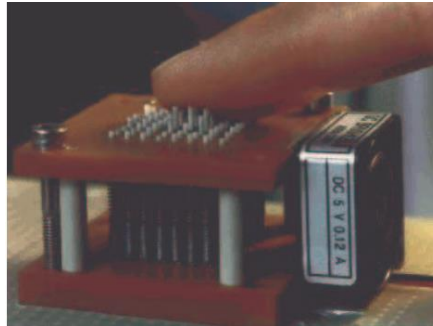


Figura 11 - Pinos atuadores em um tactile monitor

FONTE: (PINHO, 2002)

Já um dispositivo de entrada em Realidade Virtual busca traduzir, com o máximo de precisão, movimentos do usuário para comandos que são entendidos pelo sistema. (PIMENTEL e TEIXEIRA, 1995) dividem tais equipamentos em duas categorias: os dispositivos de interação, que permitem a manipulação de objetos virtuais através de dispositivos físicos manipulados pelo usuário, e os de trajetória: sensores que detectam movimentos de partes do corpo do usuário, transmitindo-as para o ambiente simulado. Frequentemente tais equipamentos trabalham em conjunto.

Um sistema baseado em luvas de dados (*datagloves*) é um dispositivo de interação que tira proveito da destreza manual dos seres humanos para interação e manipulação de objetos. A luva é composta por um conjunto de sensores eletrônicos costurados em uma base flexível. A luva de LED do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, nos Estados Unidos – um dos primeiros dispositivos desse tipo – surgiu como produto do trabalho de Thomas de Fanti e Daniel Sandin a partir da ideia de Rich Sayre. A luva usava um conjunto de tubos flexíveis com uma fonte de luz em uma extremidade e uma célula fotovoltaica em outra. Esse conjunto era anexado a cada dedo individualmente. Quando o tubo era dobrado, o total de luz recebido pelo sensor diminuía. Como consequência, foi criada uma relação entre a voltagem produzida pela célula e a posição dos dedos.

A partir do final da década de 1980, com a disponibilidade comercial desses equipamentos, surgiram variações dessa tecnologia usando sensores de proximidade e toque, de modo que o contato entre dedos também pudesse ser detectado, além de tinta resistiva, capaz de detectar a pressão exercida pelo toque (DIPIETRO, SABATINI e DARIO, 2008). Atualmente, com o uso de tecnologias baseadas em fibra ótica, sensores mais precisos e projetos que buscam uma maior liberdade de movimentos ao usuário desse equipamento, as luvas têm

sido utilizadas em uma grande gama de aplicações que requerem precisão extrema, como controle de robôs cirurgiões e detecção de símbolos em sistemas baseados em interpretação de linguagem de sinais. A Figura 12 mostra uma seleção de modelos de luvas comercialmente disponíveis.



Figura 12 - Sistemas de luvas para Realidade Virtual

FONTE: (DIPIETRO, SABATINI e DARIO, 2008)

Objetos em um espaço tridimensional costumam possuir seis graus de liberdade (*Degrees of Freedom – DOF*), visto que se movem ao longo dos eixos X, Y e Z e podem ser rotacionados também nessas três orientações. Dispositivos que transponham movimentos do corpo do usuário sejam transpostos para ambientes simulados devem, preferencialmente, manter os 6 DOF, de modo a maximizar a imersão no sistema de Realidade Virtual.

A *Virtusphere*, criada pela Universidade de Washington, nos Estados Unidos, é um dos dispositivos experimentais que buscam elevar ao máximo os graus de liberdade disponíveis a quem a utilizar. O equipamento pode ser visto na Figura 13.



Figura 13 - A Virtusphere e sua plataforma

FONTE: (MEDINA, FRULAND e WEGHORST, 2008)

O dispositivo consiste em uma esfera oca montada sobre uma esteira que permite que a esfera gire em qualquer direção que o usuário, posicionado em seu interior, desejar, e um conjunto de sensores que detectam a direção e a velocidade do movimento. Em conjunto com um visualizador do tipo HMD (*Head-Mounted Display*) sem fios, o equipamento vem sendo utilizado em aplicações militares e de treinamento (MEDINA, FRULAND e WEGHORST, 2008).

Apesar de ser uma alternativa de interação que oferece a experiência mais próxima da vivência real do utilizador, o equipamento necessário para se emular a caminhada natural em um ambiente virtual é geralmente complexo, caro e requer um espaço amplo. Alternativas mais simples, com o uso de teclados, *mouse* e *joystick*, apesar de fornecerem apenas 2DOF, são frequentemente utilizadas (NETTO e MACHADO, 2002).

Ainda segundo esse autor, além de movimentos de cabeça, braços e pernas, interações não-gestuais ou indiretas, como comandos de voz - muito usados quando as mãos já estão ocupadas com outra atividade ou não estão disponíveis - e a atividade muscular - captada através de eletrodos colocados junto à pele- também podem ser detectados e utilizados em RV. Tais sinais são conhecidos como *entradas biológicas*.

Dispositivos como a *Virtusphere*, além de permitirem a interação com ambientes virtuais por meio de ações explícitas do usuário, como o apertar de um botão, são dotados de sensores e plataformas que detectam constantemente o movimento de partes do corpo e o transfere ao sistema. (MACHADO e CARDOSO, 2006) nomeiam esse tipo de hardware de *dispositivo de rastreamento*, ou *tracking*, e classifica-os em *tracking* ativo, quando o equipamento é afixado diretamente ao membro que se deseja rastrear, e *tracking* passivo, quando a entrada é detectada por meio de câmeras ou sensores óticos ou acústicos remotos.

2.3 O Kinect

O Kinect (Figura 14) é um dispositivo de *tracking* ótico passivo, criado pela Microsoft como periférico do seu console de jogos Xbox 360. Chamado inicialmente de “projeto Natal”, uma homenagem à cidade brasileira de mesmo nome, o aparelho é um dos mais comuns dispositivos de rastreamento disponíveis para o consumidor final. Lançado em novembro de 2010, ele possui o recorde de aparato eletrônico vendido mais rapidamente, com oito milhões de unidades entregues em sessenta dias (GLOBO, 2011).



Figura 14 - Aparência externa do Kinect

Como um hardware proprietário, inicialmente o Kinect não possuía um kit de desenvolvimento aberto à comunidade de desenvolvedores. Entretanto, as possibilidades de uso do aparelho atraíram a atenção da comunidade hacker, que começou a procurar brechas de segurança no protocolo de comunicação com o computador.

(GILES, 2010) em seu relato de como conseguiu ter acesso aos motores e às câmeras do sistema, conta que existiam prêmios em dinheiro para o primeiro que conseguisse tal feito e que a Microsoft ameaçou seu grupo *hacker* caso resolvessem divulgar o método de desbloqueio do Kinect.

Poucos dias depois, o grupo de Giles liberou um conjunto de *drivers* que possibilitou a comunicação do Kinect com computadores rodando sistemas operacionais Windows, OS X e Linux. A partir de então, vários projetos de âmbito acadêmico e de recreação surgiram fazendo uso da câmera de profundidade do aparelho.

Com a popularização de tais projetos, a Microsoft resolveu então oferecer suporte oficial aos *Kinect hacks* (como ficaram conhecidas as aplicações que faziam uso não-autorizado do sistema). O conjunto de drivers, bem como a primeira versão do kit de desenvolvimento gratuito para computadores, foi finalmente liberado em junho de 2011.

Acompanhando a liberação das ferramentas de desenvolvimento para computador, a Microsoft lançou uma versão do dispositivo modificada para ter maior precisão e ser usada em um espaço menor, capaz de detectar o usuário mesmo quando sentado (o chamado *near mode*) de modo a funcionar como periférico em sistemas operacionais Windows. Os microfones do sistema também foram melhorados e o idioma português foi adicionado à biblioteca de reconhecimento de comandos de voz.

2.3.1 Especificações técnicas

O Kinect é composto por um emissor e um sensor de luz infravermelho, uma câmera RGB convencional, um conjunto de microfones dispostos ao longo do corpo do aparelho, de modo a permitir a captação tridimensional de áudio do ambiente e um eixo motorizado que permite que o equipamento mude sua inclinação durante seu uso. Além disso, o sensor é munido de um acelerômetro capaz de suportar forças de até 2g, capaz de detectar se o sensor está em movimento (CARDOSO, 2013). A Figura 15 mostra um desenho esquemático dos componentes internos do sistema.

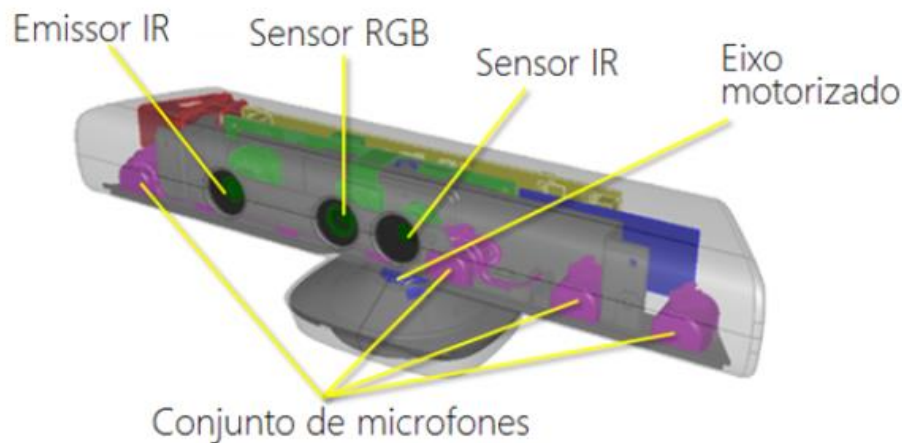


Figura 15 - O Kinect por dentro

FONTE: (CARDOSO, 2013)

A câmera convencional do Kinect possui resolução de 640x480 pixels, com 32 bits de cor e é capaz de capturar imagens a 30 quadros por segundo. O Hardware é capaz de capturar imagens a 1280x1024 pixels, porém com uma taxa de quadros reduzida. O motor montado na base do dispositivo pode inclinar o sistema em até 27° acima ou abaixo da posição-padrão. O usuário deve estar posicionado de 1.2 a 3.5 metros de distância do sensor para que seja detectado adequadamente, apesar de ainda conseguir realizar *tracking* de objetos posicionados a até 0.7m de distância.

Já a câmera infravermelho do sistema possui resolução de 320x240 pixels a 30 quadros por segundo, possuindo um campo de visão angular de cerca de 57° na horizontal e 43° na vertical e é capaz de captar 2.048 níveis diferentes de profundidade. Por não operar na faixa

visível do espectro, o sensor é indiferente às condições de iluminação do ambiente, embora o fabricante não recomende usá-lo sob luz solar direta.

O conjunto de quatro microfones situados na base do aparelho possui uma taxa de amostragem de 16 kHz e é capaz de separar o áudio do ruído de fundo via software, conseguindo detectar comandos de voz mesmo em ambientes relativamente ruidosos. (OPENKINECT, 2014).

O Kinect se comunica com o computador ou console e é alimentado através de um único conector proprietário. Modelos mais antigos requerem o uso de um adaptador para converter essa porta em um conector USB padrão acompanhado por um adaptador AC.

Para ser apropriadamente detectado pelo sistema, o usuário deve se posicionar a uma distância de 1,2 metros do sensor. Caso haja o uso simultâneo do sistema por várias pessoas, a distância de detecção recomendada é maior: em torno de 3,5 metros. O sensor deve ser colocado sob uma superfície plana e não deve ser movido bruscamente durante o uso (CARDOSO, 2013).

2.3.2 Reconhecimento de movimentos

O Kinect é capaz de reconhecer até seis usuários simultaneamente. Porém, apenas as posições das articulações de dois desses estarão disponíveis para o desenvolvedor. A posição de vinte dessas articulações (ou juntas) por utilizador é inferida pelo sensor através de um conjunto de algoritmos proprietários (CARDOSO, 2013).

Tais algoritmos operam sobre a informação de profundidade do ambiente detectada pelo sensor infravermelho. Eles são capazes de detectar a presença e isolar o corpo do usuário do restante da cena, descartar possíveis obstáculos que se encontrem no campo de visão da câmera e isolar a posição individual de cada articulação. É essa posição que é disponibilizada em tempo real, de modo que a carga computacional do processo de detecção de usuário e isolamento de partes é transparente ao programador.

O sistema, após isolar o corpo do usuário do ambiente, compara sua posição com uma biblioteca de cerca de quinhentas mil imagens obtidas de atores, utilizando um processo de captura de movimentos, através do uso de uma árvore de decisão. Cada uma dessas imagens possui informações sobre posição de juntas codificadas por cores, de modo que o Kinect consegue inferir a posição de membros ocultos com razoável precisão (SHOTTON,

FITZGIBBON, *et al.*, 2011). A Figura 16 mostra poses da biblioteca, do modo como são captadas pelo sensor e sua posterior divisão em juntas individuais



Figura 16 - Elementos da biblioteca de poses do Kinect

FONTE: (SHOTTON, FITZGIBBON, *et al.*, 2011)

As amostras utilizadas na elaboração da biblioteca de poses contemplam um conjunto de características corporais distintas, fornecendo suporte a uma ampla variedade de tipos físicos e acessórios de vestuário que poderiam prejudicar a detecção de juntas, como bonés e saias. A utilização de árvores de decisão foi crucial para que o sistema conseguisse navegar entre um conjunto tão extenso de imagens referenciais e ainda manter a performance de 200 frames por segundo.

O Kinect, portanto, isola, identifica e interpreta a posição tridimensional de vinte articulações interligadas. O nome e a posição de cada articulação como detectados pelo sistema são apresentados na Figura 17.

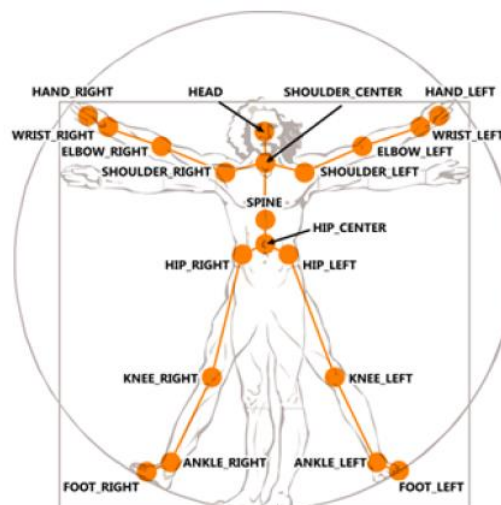


Figura 17 - Articulações detectadas pelo Kinect

FONTE: (CARDOSO, 2013)

O desenvolvedor tem acesso a esse conjunto de juntas – o esqueleto – através do driver do dispositivo e, a partir dessa saída, constrói seu sistema. É na combinação do hardware de captura, softwares de detecção de poses e velocidade de execução que reside a inovação do Kinect, representando o estado da arte na identificação de poses humanas (SHOTTON, FITZGIBBON, *et al.*, 2011).

2.3.3 Reconhecimento de voz e facial

O conjunto de microfones do Kinect é capaz de identificar a direção do som em um ângulo de 100° em relação à frente do sensor e atenuar o ruído de fundo em até 20 decibéis. Além disso, consegue reconhecer comandos de voz através da biblioteca *Microsoft.speech*, que é a responsável por decodificar o áudio, isolar a fala e separá-la em fonemas. O reconhecimento facial é feito através da câmera RGB do aparelho e utiliza algoritmos convencionais externos ao kit de desenvolvimento.

2.4 *Serious games*

O longo processo de maturação do cérebro do homem, em comparação a outros primatas, inclui a experimentação constante do ambiente complexo no qual as crianças da espécie são inseridas. Através dos jogos e do faz-de-conta, constrói-se o respeito e entendimento de regras, forma parcerias e compartilha a herança cultural coletiva com outros, além de receber novas formas de ver o mundo e pensar o seu papel nele (RAKOCZY, 2007).

A absorção de novas habilidades através da simulação pode ser entendida, portanto, como parte natural do processo de formação do amadurecimento dos seres humanos. A Realidade Virtual, aliada a ferramentas de simulação, é utilizada desde seus primórdios como campo de experimentação sensorial e lúdico para fins de entretenimento. Apesar de a maioria das técnicas inovadoras de RV terem origem no ambiente acadêmico ou militar, são as companhias de jogos eletrônicos que, partindo daí, levam essa tecnologia ao público em geral (GAMITO, OLIVEIRA, *et al.*, 2011).

Atualmente, o grande impacto dos jogos como atividade social é visível nos números que gera: Apenas nos Estados Unidos, a indústria de *videogames* movimentou, em 2013, 20

bilhões de dólares, atingindo cinquenta e oito por cento de toda a população do país sendo que, para quarenta e três por cento dessas pessoas, eles são a principal atividade de entretenimento. Globalmente, a estimativa de vendas desse tipo de *software* no mesmo ano é de cerca de US\$ 57,2 bilhões (ESA, 2013).

Quando a meta primordial de um jogo eletrônico é outra senão entretenimento, ele é qualificado como *serious game* (GAMITO, OLIVEIRA, *et al.*, 2011). Um SG visa a simulação de situações práticas do dia-a-dia para fins de treinamento de crianças e adultos utilizando a abordagem usual da indústria de jogos para tornar essas atividades atraentes e lúdicas (MACHADO, 2009). Utilizados para desenvolver habilidades específicas, ou em situações envolvendo riscos ao usuário, os *Serious Games* podem simular ensino e treinamento para explanar um conteúdo pedagógico novo para, em seguida, testá-lo por meio de uma situação simulada.

(NARAYANASAMY, WONG, *et al.*, 2006) enfatizam a distinção entre *Serious Games* e jogos de simulação, como os que buscam construir e gerenciar uma cidade, por exemplo: Os simuladores, apesar de poderem desenvolver alguma habilidade específica, ainda tem o foco principal no entretenimento do usuário, enquanto que os SG são criados explicitamente para o desenvolvimento de habilidades.

Portanto, o estímulo das funções cognitivas, a motivação e a aquisição de conhecimento são elementos fundamentais em um *Serious Game* (MACHADO, 2009). A consultoria de um profissional da área ao qual o SG se destina é de fundamental importância para a eficácia do projeto.

2.4.1 Exemplos de aplicações

A seguir, serão apresentados exemplos da utilização de *Serious Games* em diferentes campos de estudo, buscando fornecer um panorama mais amplo da variedade de aplicações desse tipo sendo desenvolvidas nos últimos anos. Um conjunto de sistemas correlatos ao *software* desenvolvido como fruto desse trabalho pode ser encontrado na seção *Trabalhos Relacionados*.

Os diversos benefícios da adoção de *softwares* desse tipo vêm sendo constatados em diversas áreas de pesquisa com resultados positivos: evidências empíricas de eficácia dos SG

para a melhoria de habilidades cognitivas, comportamentais, motivacionais, fisiológicas e sociais têm sido demonstradas por meio de pesquisas em várias instituições ao redor do mundo. (CONNELLY, 2012) apresenta uma revisão sistemática de estudos enquanto discorre sobre a necessidade de supervisão de um especialista durante o uso desse tipo de sistema de forma a maximizar os resultados obtidos.

Ressalta-se que os sistemas mostrados aqui possuem características lúdicas, de desafio e de estímulo às funções cognitivas que os distinguem de aplicações que, apesar de fazerem uso de técnicas de Realidade Virtual e Aumentada em maior ou menor grau, não utilizam de técnicas advindas dos jogos tradicionais ou eletrônicos de modo a fornecer algum tipo de desafio ao usuário, desqualificando-os como, *Serious Games* de fato.

Os *Serious Games* têm sido utilizados nos mais diferentes níveis de educação: desde a criação de ambientes virtuais para a alfabetização infantil até o ensino especializado em Universidades. O jogo “Aventuras de Amaru” (PEREIRA, 2012), implementado com o auxílio de psicólogos especialistas em dificuldades de aprendizado, faz uso de lógica *fuzzy* para prática de leitura e escrita em séries iniciais do ensino fundamental. O objetivo foi a criação de um conjunto de tarefas de leitura de maneira automática de modo que o sistema apresentasse uma curva de dificuldade suave. A Figura 18 mostra um conjunto de telas da aplicação:

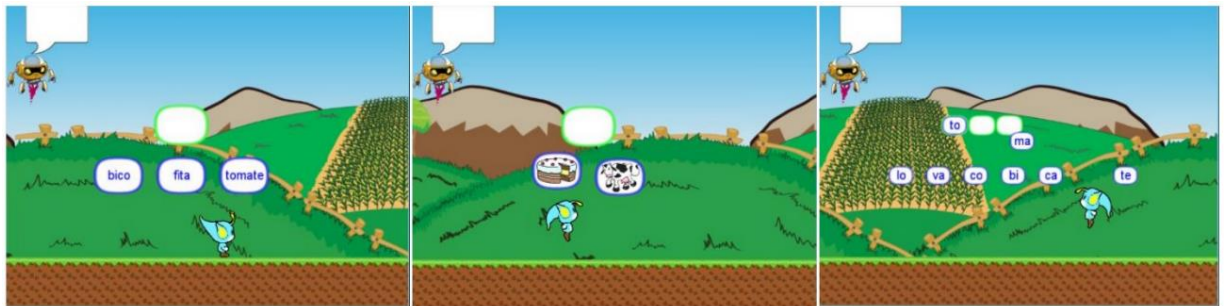


Figura 18 - Uma aplicação de SG em alfabetização

FONTE: (PEREIRA, 2012)

Já (MORAES e MACHADO, 2009) apresentam um apanhado de *softwares* utilizados em educação matemática para computadores pessoais e dispositivos móveis. O GeoespaçoPEC (Figura 19) busca ensinar conceitos de Geometria espacial através de um conjunto de desafios que precisam ser resolvidos para que o jogador solucione um mistério.

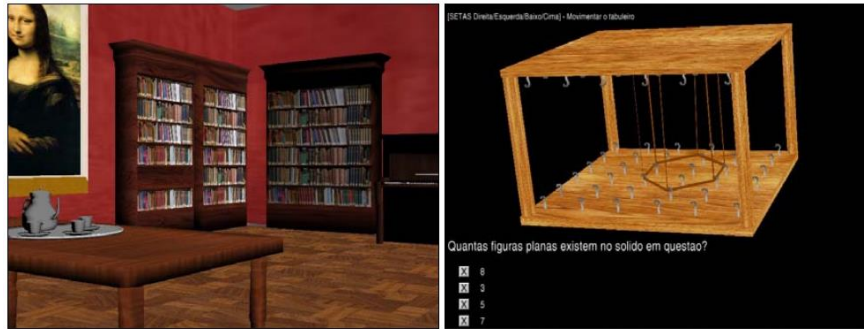


Figura 19 - O GeoespacoPEC, SG para o ensino de geometria

FONTE: (MORAES e MACHADO, 2009)

O SimParc (VASCONCELOS, 2009) é um simulador de gestão de parques ecológicos que busca formar lideranças aptas a trabalhar em diversos papéis na conservação de áreas verdes. O sistema conta com uma série de módulos baseados em jogos do tipo *Role-play Game* e busca emular o processo de negociação e tomada de decisões que envolve a administração desse tipo de projeto em um ambiente colaborativo contando com jogadores reais ocupando diferentes postos de trabalho, com responsabilidades e objetivos de jogo distintos além dos comandados por Inteligência Artificial. A Figura 20 mostra a tela de posicionamento de unidades nesse sistema.

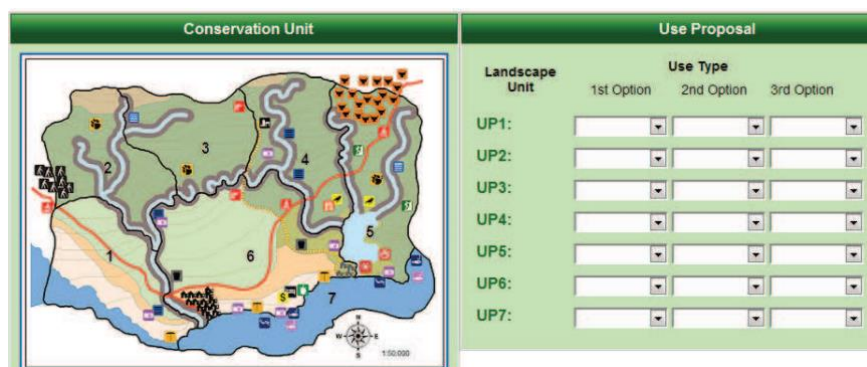


Figura 20 - O SimParc

FONTE: (VASCONCELOS, 2009)

É importante mencionar que, no Brasil, à partir de 2014, todos os motoristas em formação passarão a usar simuladores e jogos, utilizando *hardware* especializado, como parte do processo de educação para o trânsito (BRASIL - CONSELHO NACIONAL DE

TRÂNSITO, 2013), uma forma de reconhecimento governamental da eficácia desse tipo de sistema no treinamento de novos condutores.

Segundo (MACHADO, 2009), as dificuldades de obtenção de materiais, validação de produtos, treinamento de pessoal e a necessidade de novas abordagens para reabilitação e ensino de hábitos saudáveis tornam os jogos um importante aliado do ensino e treinamento, tanto de pacientes quanto de médicos. O autor divide o uso dos SG em saúde em quatro categorias: Auxiliares de terapia, promoção de saúde e condicionamento físico, monitoramento da saúde e treinamento. A presente seção trata das aplicações em treinamento médico. Sistemas relacionados ao condicionamento físico e reabilitação muscular, devido à natureza deste trabalho, serão apresentados em separado.

(GRAAFLAND, SCHRAAGEN e SCHIJVEN, 2012) discorrem sobre a grande variedade de jogos sérios voltados para o treinamento cirúrgico, abrangendo desde procedimentos de trauma e emergenciais a cuidados do pós-operatório. A triagem, o diagnóstico e o ensaio de procedimentos básicos de suporte à vida também foram alvo do desenvolvimento de SGs. O autor conclui discorrendo sobre o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de coordenação motora, especialmente em procedimentos laparoscópicos, que seria fruto do treinamento de novos profissionais em ambientes que pontuam tempo e quantidade de erros usando uma metodologia que apele para o componente de desafio dos jogos eletrônicos aliado à precisão e rigor que a medicina requer.

(COWAN e SABRI, 2010) descrevem o processo de criação de um SG atuando no treinamento de cirurgiões para o procedimento de atroplastia total de joelho: a substituição total do joelho por uma prótese metálica. O jogador, no papel de um cirurgião ortopédico, tem a visão em primeira pessoa de todo o procedimento. Ao realizar alguma ação, é exibido um menu com uma pergunta e múltiplas opções sobre o próximo passo da cirurgia. Se o jogador responder corretamente, ele passa para a etapa seguinte. Senão, sua pontuação cai e é apresentado um texto explanatório sobre o erro. A Figura 21 mostra telas do simulador.

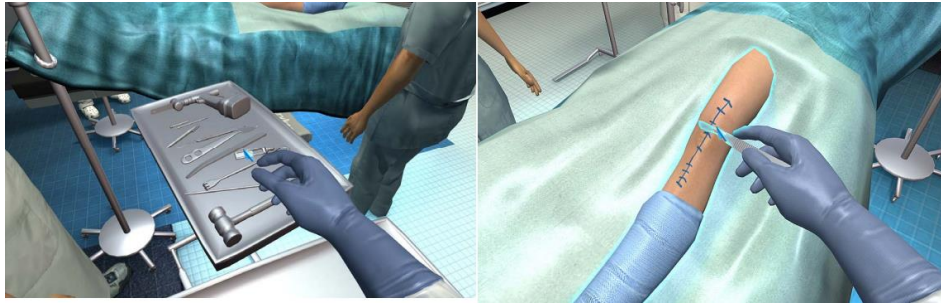


Figura 21 - Simulador de artroplastia de joelho

FONTE: (COWAN e SABRI, 2010)

No Brasil, (TORRES e NUNES, 2011) realizam uma revisão sistemática de aplicações nacionais envolvendo SGs e treinamento médico, além de apresentar um aplicativo voltado à formação em biópsia de mama. O software consiste de questionários de múltipla escolha sobre o tema e telas de simulação de procedimentos, onde o usuário manipula uma agulha virtual com o objetivo de detectar nódulos. O objetivo do jogador é atingir a mama com a seringa e chegar o mais próximo possível do nódulo. A pontuação é calculada com base na distância do nódulo, na quantidade de tentativas e no tempo. A Figura 22 mostra a tela de simulação do programa.

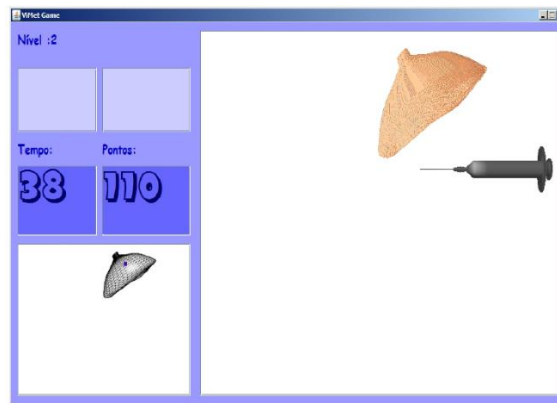


Figura 22 - Treinamento de biópsia usando SG

FONTE: (TORRES e NUNES, 2011)

(GAMITO, OLIVEIRA, *et al.*, 2011) realizam uma extensa revisão bibliográfica, tecendo um panorama das descobertas neuropsicológicas relacionadas ao uso de SG aplicados à reabilitação e terapia, enfatizando seu uso com bons resultados em tratamentos comportamentais e no enfrentamento de situações vistas pelo paciente como arriscadas e

mencionando os mecanismos neurais ligados à sensação de prazer, estimulada por neurotransmissores como a Dopamina, estimulados por essa classe de jogos.

Os autores ressaltam que a variedade de experiências sensoriais oferecida pela utilização dos recursos imersivos da Realidade Virtual aliada ao desafio e ludicidade dos SG aumentam significativamente o envolvimento dos pacientes em tratamentos que, tradicionalmente, são vistos como repetitivos, enfadonhos e dolorosos pelos pacientes. Além disso, o ajuste personalizado das respostas visuais e auditivas desse tipo de aplicativo é lembrado como um dos mais importantes recursos dos *Serious Games* aplicados às terapias cognitivas.

O Laboratório de Psicologia Computacional da Universidade de Lisboa, Portugal, desenvolveu uma série de simuladores que, através de desafios apresentados em graus crescentes de dificuldade, introduz pacientes de agorafobia em situações de estresse por meio de equipamento imersivo. A pontuação é dada pelo número de ações que o usuário, sob monitoramento constante por um psicólogo, consegue completar corretamente em um dado espaço de tempo. A Figura 23 mostra uma das atividades desse sistema.



Figura 23 - Serious Game para o tratamento de agorafobia

FONTE: (GAMITO, OLIVEIRA, *et al.*, 2011)

(BASTOS, SANTOS, *et al.*, 2012) relatam o desenvolvimento de um SG nacional para auxílio no diagnóstico de crianças e adolescentes com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). De difícil diagnóstico, essa doença é usualmente detectada através da utilização de questionários e testes padronizados que avaliam e classificam possíveis pacientes de acordo com sua pontuação.

O jogo, desenvolvido com o auxílio de neuropsicólogos, consiste em um labirinto, no formato de um supermercado, onde devem ser executadas determinadas tarefas que medem a

capacidade de planejamento e concentração do usuário. A pontuação é baseada no número de tarefas realizadas corretamente e no tempo gasto para sua execução. A Figura 24 mostra a representação do percurso no sistema.

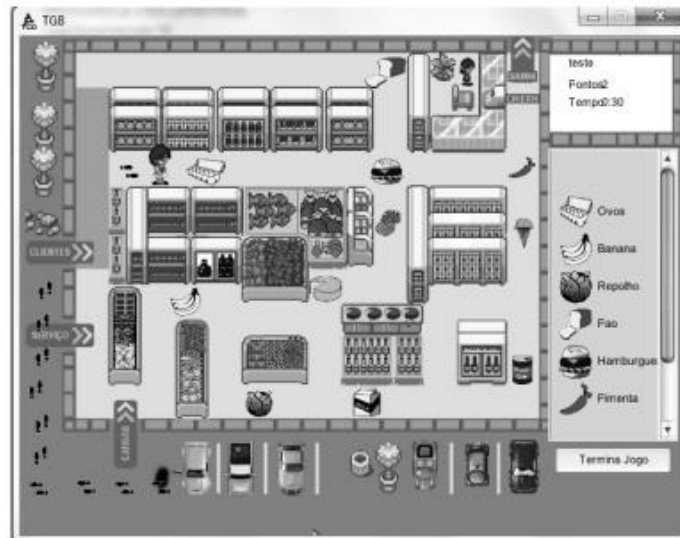


Figura 24 - SG no diagnóstico de transtornos de atenção

FONTE: (BASTOS, SANTOS, *et al.*, 2012)

O diagnóstico nesse sistema é dado por meio de um agente inteligente que comparou os resultados dos pacientes no sistema com diagnósticos feitos de maneira paralela por meios convencionais, como entrevistas com pais e professores. O sistema se mostrou tão eficaz na detecção de TDAH quanto tais metodologias.

Já (BOTELLA, 2001) faz uso dos SG no tratamento do medo de baratas (Catsaridafobia). O autor relata que apesar de a exposição a espécimes vivos ser o caminho usual de terapia, ele é responsável por uma alta taxa de rejeição e abandono do tratamento, cerca de 25%, em seus estágios iniciais. Além disso, o consenso na comunidade acadêmica é de que tais tratamentos são cruéis e devem ser abandonados em prol de novas tecnologias, o que tem servido como agente motivador no surgimento de sistemas de Realidade Virtual que simulem a exposição de maneira segura e regulável.

O sistema desenvolvido, denominado AR-Insect Phobia, faz uso de Realidade Aumentada para projetar, por meio de marcadores, baratas em diferentes partes do corpo de pacientes, equipados com um HMD em um consultório. Após o ajuste de intensidade da exposição, consistindo no número de baratas virtuais, seu tamanho e movimentos, o paciente, por meio de um dispositivo móvel e sua câmera, deve cumprir um conjunto de tarefas em sua casa no intervalo entre as consultas. O acompanhamento do progresso do paciente se dá através

de sua pontuação nesse aplicativo. Os movimentos do inseto e o tempo de exposição são ajustados de forma automática pelo sistema diariamente, de forma que o usuário sempre encontra um desafio maior ao utilizar o programa. A Figura 25 mostra as versões móvel e *desktop* do software.



Figura 25 - o AR-Insect phobia

FONTE: (BOTELLA, 2001)

A ocorrência de eventos de pânico diminuiu consideravelmente após sete dias de uso contínuo do jogo. O acompanhamento do paciente ao longo de doze meses revelou que a melhoria nas condições gerais de ansiedade foi mantida mesmo após o término da interação com o sistema. O autor concluiu que combinação de RV e SG se mostrou eficaz no tratamento desse tipo de fobia.

2.5 Exergames

Os *Exergames* são uma modalidade de *Serious Games* que fazem uso de um conjunto de sensores e controladores não-convencionais de jogos eletrônicos, aliando a prática de atividade física com o uso de videogames. Nesse tipo de aplicação, o usuário interage com um ambiente virtual por meio de movimentos corporais capturados por meio de sensores e transferidos para uma representação virtual sua, de modo a realizar os desafios propostos pelo jogo. Unindo a imersão proporcionada pela Realidade Virtual com a excitação do ambiente competitivo do jogo, os *exergames* vêm sendo utilizados com sucesso na introdução de atividades físicas recorrentes tanto no ambiente escolar quanto fora dele, proporcionando a

criação de exercícios divertidos, assegurando assim o interesse por parte de seu público-alvo (VAGHETTI, SPEROTTO e BOTELHO, 2010)

2.5.1 Questões de projeto para *exergames*

Essa seção busca identificar e isolar, por meio de uma análise da literatura sobre o assunto, os fatores responsáveis pelos atrativos inerentes aos *exergames* de modo a repeti-los buscando maximizar o tempo de uso do ambiente de jogo bem como a satisfação do usuário.

Muitos dos benefícios da atividade física, no condicionamento, perda de peso ou reabilitação, requerem repetição e certo autocontrole por parte de quem a pratica. A repetitividade e a falta de atrativos das atividades aeróbicas, especialmente para crianças menores, é vista como um dos fatores principais para o abandono dos exercícios físicos. Durante a infância, as aulas de Educação Física são vistas como algo a ser aguentado, não desfrutado. O elemento “diversão” adiciona a motivação que o participante precisa para que seja impelido a buscar a atividade repetidas vezes. A participação em tais exercícios deve estar disfarçada, de modo que quem o pratica não tome consciência de que a ação que realiza faz parte de um propósito maior (WILLIAMS e GERMAIN, 2008).

O movimento humano como elemento integrante do jogo, seus aspectos lúdicos e o fascínio inerente à Realidade Virtual tornam os *exergames* uma ferramenta favorável no processo ensino-aprendizagem em Educação Física, bem como em clínicas de reabilitação e intervenções psicopedagógicas. Embora definidos por regras e pela mecânica do ambiente, existem elementos presentes nos games – o lúdico, a jogabilidade, a narrativa, a interface, a imersão – contribuem e interferem na sensação de prazer do usuário ao jogar um jogo, e devem ser cuidadosamente pensados nas etapas de projeto desse tipo de SG. (VAGHETTI, SPEROTTO e BOTELHO, 2010).

Evidências de estudos preliminares mostram que *exergames* que simplesmente transpõem atividades físicas tradicionais para um ambiente virtual sem nenhuma adaptação tendem a sofrer uma perda de interesse acentuada com o tempo. Entretanto, jogos que incorporam características associadas ao prazer de jogar e preocupação com o nível de desafio e satisfação, se convertem em foco de interesse dos usuários. O aplicativo se torna ainda mais interessante quando são adicionados efeitos sonoros, música de fundo pertinente e rítmica, além

de comentários de “treinadores” encorajando ou corrigindo movimentos errados. A ambientação visual pode melhorar o tempo de uso e a reincidência na execução de um *exergame* (MUÑOS, VILLADA e TRUJILLO, 2013).

Os benefícios do uso constante de *exergames*, assim como os oriundos de atividades físicas tradicionais, são percebidos apenas com o tempo e, além disso, o esforço requerido para atingi-los é extenuante, o que pode ser frustrante para alguns usuários, principalmente mais novos. Como resultado disso, alguns sistemas implementam uma história com enredo para manter o engajamento do jogador a curto prazo. Crianças e adolescentes sem histórico de participação em atividades físicas podem encontrar no componente de enredo o diferencial de engajamento que procuravam (BOULOS e KAMEL, 2012)

(JUSTIN, SEAR e OIKONOMOU, 2013) atentam para o nível de dificuldade das tarefas propostas, atrelando a diversão do usuário à sua frustração quando perde algum jogo. Para o autor, o sistema precisa se ajustar aos erros e acertos do usuário, de modo que esse não se sinta compelido a abandonar o aplicativo por não conseguir se divertir devido ao receio de perder. São propostos alguns pontos de projeto que devem ser seguidos para que o sistema forneça a experiência mais satisfatória possível no que se refere ao desafio proposto a quem o joga:

- Recomendar uma dificuldade ao jogador baseada em seu estilo de jogo – Jogadores casuais e experientes usam o sistema de maneira diferente. O sistema deve monitorar o desempenho do usuário e recomendar um nível mais fácil ou mais difícil de desafio dependendo de suas performances anteriores;
- Deixar sempre o jogador saber o que está fazendo – A pontuação deve estar sempre visível, pois serve de incentivo, caso seja baixa ou recompensa;
- Se assegurar que a curva de aprendizado seja ajustada ao público-alvo – jogadores casuais precisam de mais tempo para se adaptar à interface de jogo;
- O desafio deve ir de encontro às necessidades do jogador, não às suas habilidades – a dificuldade e o ritmo de jogo também devem ser adaptados a quem ele se destina. Jogadores experientes preferem desafios, enquanto que jogadores iniciantes preferem níveis mais fáceis.

Os tópicos apresentados nessa seção – importância do aspecto lúdico, necessidade de disfarçar a atividade física para maior engajamento, preocupação com a ambientação de jogo e

adaptação do nível do desafio proposto - nortearam o desenvolvimento do sistema gerado para essa dissertação.

2.5.2 Validação de *hardware* para *exergames*

Como os *exergames* podem ser usados para fins terapêuticos, existe uma necessidade de maior rigor na especificação e escolha de parâmetros para os sensores e dispositivos a serem utilizados nesse tipo de sistema. Essa seção procura fornecer dados que embasem o uso seguro dos sensores voltados para o usuário final em aplicações de reabilitação e condicionamento físico.

Buscou-se, dessa forma, justificar o uso de tais dispositivos em detrimento a alternativas dedicadas de alto custo e, ainda, quantificar os níveis de confiabilidade que as alternativas comerciais apresentam quando comparadas a sistemas de sensoriamento e rastreamento convencionais.

O Microsoft Kinect, já apresentado neste trabalho, foi submetido a um teste comparativo com dados de controle adquiridos através de um sistema de análise de movimentos utilizando múltiplas câmeras com percepção espacial. A Figura 26 mostra o ambiente de ensaio desse teste.

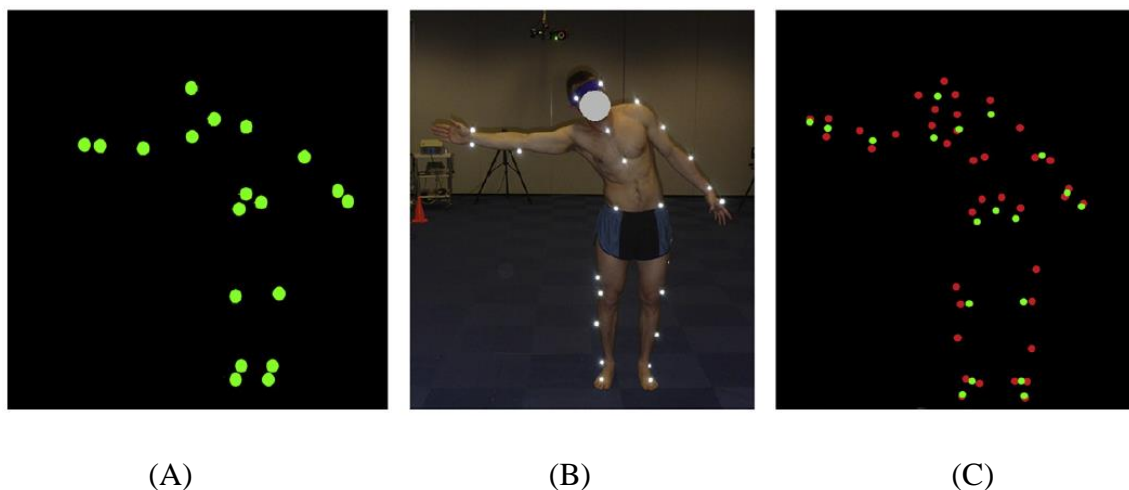


Figura 26 - Validando o Kinect

FONTE: (CLARK, 2012)

Nesse teste, relacionado à precisão de identificação de juntas em aplicações para análise postural, vinte voluntários saudáveis executaram três testes padronizados: amplitude de movimento frontal, alcance lateral e manutenção do equilíbrio em uma perna com vendas nos olhos (CLARK, 2012). Na imagem, (A) representa as juntas como são capturadas pelo Kinect. (B) mostra o voluntário executando o movimento com os pontos requeridos pelo sistema convencional baseado em câmeras e marcadores e (C) é a justaposição das articulações detectadas pelos dois sistemas.

O Quadro 2 apresenta um excerto dos dados extraídos dos equipamentos durante o teste apresentado acima:

	Kinect	3D camera	<i>r</i>	Fixed bias	Proportional bias
<i>Lateral reach</i>					
Sternum (mm)	305.2 (50.5)	290.0 (42.3)	0.94	None	KINECT
Hand (mm)	230.9 (41.8)	274.8 (46.8)	0.84	None	None
Trunk (°)	25.8 (5.2)	29.8 (5.3)	0.93	None	None
<i>Forward reach</i>					
Sternum (mm)	371.1 (55.7)	292.1 (40.1)	0.90	None	KINECT
Hand (mm)	397.9 (71.1)	384.8 (67.6)	0.95	None	None
Trunk (°)	46.5 (11.1)	46.1 (10.3)	0.98	None	None

Quadro 2 - Posição de juntas usando o Kinect e marcadores

FONTE: (CLARK, 2012)

O quadro apresenta a amplitude, em milímetros, dos movimentos das articulações do braço como captadas pelo Kinect e pelo conjunto de câmeras e marcadores, bem como a diferença entre as medições. A tabela mostra a única diferença significativa entre os dois sistemas: a posição do osso esterno no Kinect apresentou uma leve distorção, atribuída pelo autor a erros no software do equipamento que podem vir a ser corrigidas em versões futuras do Kit de desenvolvimento, não comprometendo a confiabilidade das demais medições.

Com base nos dados extraídos dos sensores, o autor concluiu que o Kinect apresenta uma excelente alternativa a sistemas comerciais existentes, de custo mais elevado e instalação e operação mais complexas, recomendando-o como opção confiável para testes clínicos em uma ampla população de pacientes.

Outro estudo (GONZÁLEZ, HAYASHIBE e FRAISSE, 2012), utilizando uma associação de sensores, buscou validar o Kinect, em conjunto com o controlador *Wii Balance Board*, também disponível como acessório para sistemas de jogo, para uso em estimativa de centro de massa em seres humanos realizando diferentes movimentos.

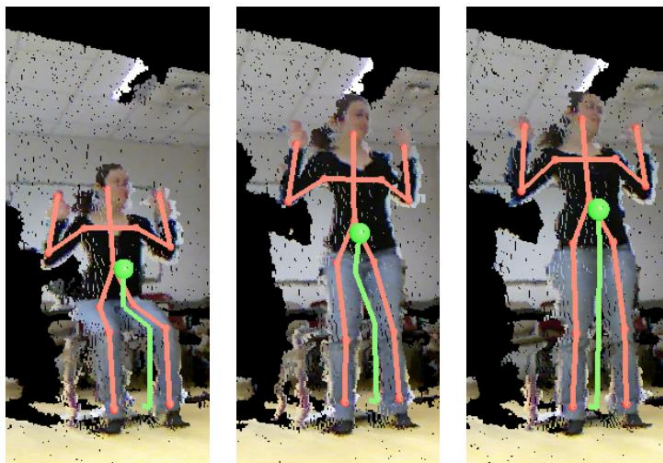


Figura 27 - Estimativa de centro de massa com Kinect e Wii Balance Board

FONTE: (GONZÁLEZ, HAYASHIBE e FRAISSE, 2012)

Nesse teste, o Kinect foi utilizado para aferir a posição das juntas, enquanto a balança mediu a distribuição do peso entre as pernas. O centro de massa é calculado utilizando-se a distribuição de forças em uma cadeia, onde cada nó representa uma articulação. O autor também concluiu que o Kinect fornece precisão comparável às alternativas convencionais mais caras (no caso, o uso de marcadores e sensores).

2.5.3 Exemplos de aplicações de *Exergames* em ambiente acadêmico

Nessa seção serão apresentados alguns *exergames* para fins diversos. Serão apresentados trabalhos acadêmicos bem como sistemas disponíveis comercialmente como jogos. Preferiu-se mostrar em separado, na seção *trabalhos relacionados*, os sistemas explicitamente voltados ao condicionamento físico e combate à obesidade. Procurou-se fornecer um panorama da utilização dos *exergames* em ambientes variados.

(FREITAS, 2012) propõe um sistema voltado à reabilitação motora utilizando o Kinect, descrevendo como a ludicidade e o aspecto de novidade da Realidade Virtual ajudam os pacientes a suportar etapas dolorosas do tratamento. O sistema, além de fornecer um conjunto de atividades de jogo, também procura detectar possíveis deformações na postura do jogador, decorrentes de movimentos de compensação que denunciariam dor no membro poupado. A Figura 28 mostra telas do sistema. O usuário deve coletar objetos na área de jogo, esticando os membros superiores o máximo possível em algumas situações.



Figura 28 - Exergame em reabilitação motora

FONTE: (FREITAS, 2012)

O autor conclui constatando que o sistema detecta com sucesso se os movimentos executados são válidos ou não, e se houve compensação. Além disso, ele cita que a preocupação com a interface tem impacto direto na diversão de quem a usa.

Já (KIM, 2013) utilizou um conjunto de *exergames* disponíveis comercialmente para o sistema Xbox360 da Microsoft em um conjunto de idosos de modo a formular um programa de treinamento para o fortalecimento de músculos dos quadris e melhorias posturais. Mesmo sem qualquer adaptação no jogo ou supervisão de um profissional, ao final de oito semanas os participantes demonstraram melhorias nos aspectos pesquisados, constatando ainda que, mesmo sem supervisão, se o estímulo for suficiente, o programa de treinamento é seguido.

(BOULOS e KAMEL, 2012) fazem um apanhado geral dos jogos convencionais para a plataforma da Microsoft, classificando-os quanto a qualidade da interação e eficácia da implementação, pontuando acertos e erros de cada aplicação que os tornam mais ou menos aptos a serem desfrutados pelo jogador como *serious games* que forneçam uma experiência divertida e eficaz nos objetivos que estabelece, sejam eles títulos de dança, caminhada, infantis ou de treinamento em modalidades de artes marciais

2.6 Interfaces Naturais com o usuário

A interação entre seres humanos e computador é mediada pela *interface*. Ela atua como um tradutor, mediando as duas partes, visto que o sistema de representação de informações utilizado pela máquina é distinto do sistema utilizado pelo homem e para que seja inteligível

para ambos, deve ser traduzido. Um computador que não consegue interpretar entradas e representar-se a si mesmo ao usuário, em uma linguagem que este compreenda, não passa de uma máquina de somar extremamente complicada (JOHNSON, 2001)

O termo *Interfaces Naturais com o usuário* (NUI – *Natural User Interfaces*) é usado para designar interações humano-computador que não fazem uso dos dispositivos convencionais, como teclado e mouse e faz uso de elementos naturais à vivência cotidiana do usuário, já que a maioria dos sistemas de computador fazem uso de aparatos cujo funcionamento deve ser aprendido.

O conhecimento sobre as metáforas da interface é de domínio prévio de quem usa o sistema, já que está inserido em sua vivência cotidiana. Telas sensíveis ao toque, dispositivos que respondem aos comandos de voz, comandos gestuais para interação com sistemas de jogos e interfaces cérebro-máquina são exemplos de interação natural (KAWAMOTO e SILVA, 2013).

Entretanto, deve-se ter em mente que Interfaces Naturais não substituem inteiramente os paradigmas anteriores. O uso de janelas, teclados e mouses já é bem adaptado a determinados meios, como aplicações para escritório, e o servem de maneira efetiva. O esforço de se digitar em um teclado virtual, por exemplo, não compensaria a adoção de interfaces naturais em um ambiente desse tipo. Além disso, a adaptação das NUI a determinadas aplicações específicas pode trazer benefícios a aplicações convencionais se usadas em conjunto: a interface natural pode englobar dispositivos tradicionais em ações para as quais estes são mais indicados (WIGDOR e WIXON, 2011)

2.6.1 Evolução das interfaces

A chamada *metáfora de interface*, o modo como os sistemas computacionais apresenta suas operações internas ao usuário, vem evoluindo constantemente. Inicialmente os computadores dependiam de chaves mecânicas e cartões perfurados para se fazerem entender. Atualmente, comandos complexos são representados por meio de gestos com o *mouse* e imagens na tela. A Figura 29 mostra os três principais paradigmas de interface, enquanto sumariza suas características principais.



Figura 29 - Evolução dos paradigmas de interface

FONTE: adaptado de (KAWAMOTO e SILVA, 2013)

Uma interface do tipo CLI (*Comand-Line Interface*, interface por linha de comando) se baseia na inserção de comandos por escrito usando somente o teclado. É a interface dos sistemas operacionais mais antigos, como o MS-DOS, o modo texto do Linux e o Unix. Nessa interface, o usuário só usa o sistema se souber os comandos necessários e um erro de digitação no comando, que pode se expandir por várias linhas, requer nova digitação, desestimulando a exploração das capacidades do computador.

Já em uma GUI (*Graphical User Interface*), as diferentes partes do sistema possuem uma representação visual, com a qual o usuário interage com um *mouse*. Quem usa o sistema memoriza ações, não comandos. Sistemas operacionais modernos como o Windows, o OS X e versões atuais do Linux oferecem suporte a esse paradigma. A Figura 30 mostra telas elaboradas seguindo esses dois paradigmas

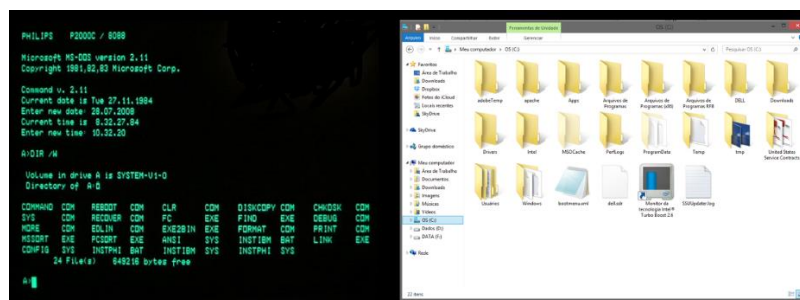


Figura 30 - Interface CLI e Interface GUI

Interfaces GUI são também conhecidas como o paradigma WIMP (*Windows, Icons, Menus, Pointing devices* – Janelas, Ícones, Menus e Dispositivos apontadores), devido ao uso comum desses elementos para representar os diferentes processos do (KAWAMOTO e SILVA, 2013).

Alguns autores atentam para o surgimento de um novo paradigma de interação, em paralelo às NUIs: as interfaces orgânicas (*Organic User Interface*), que consistem de

dispositivos de projeção não-planos onde a superfície de saída é igual à superfície de entrada de dados (telas sensíveis ao toque) e que podem, inclusive, mudar de forma com o uso. As telas flexíveis de alguns celulares e alguns rótulos inteligentes seriam exemplos dessa nova classe de interface. Ao contrário das NUIs, que ainda dependem de dispositivos de projeção planos, as OUIs se assemelham às *Interfaces tangíveis*, pois representam as metáforas visuais do sistema virtual por meio de objetos reais, porém, OUIs dispensam monitores para visualização de informação (VERTEGAAL e POUPYREV, 2008). A Figura 31 mostra exemplos de objetos interativos.



Figura 31 - Exemplos de interfaces orgânicas

As NUIs surgem a partir da criação de dispositivos como telas sensíveis ao toque e do refinamento de sistemas de reconhecimento de voz. Esse tipo de paradigma requer pouco ou nenhum treinamento prévio, já que tira proveito do conhecimento empírico do usuário sobre o mundo real. Essa característica requer cuidado especial na etapa de desenvolvimento da aplicação. O Planejamento e a criação de experiências inovadoras com o uso de Interfaces Naturais se baseiam em quatro diretrizes, segundo (BLAKE, 2013):

- Experiência instantânea (*Instant expertise*) – O sistema deve fazer uso das habilidades que o usuário já domina, advindas de sua experiência com o mundo real;
- Carga cognitiva (*Cognitive load*) – A maioria das interações com o sistema devem ser baseadas em habilidades inatas e simples. Mesmo que o sistema demande a aquisição de novas competências, se a maioria das outras interações for simples, ela será aprendida mais rapidamente;
- Aprendizagem progressiva (*Progressive learning*) – A curva de aprendizagem do sistema deve ser suave, levando quem o usa a dominar interações simples, antes de apresentar tarefas mais complexas;

- Interação Direta (*Direct interaction*) – Interações devem estar diretamente relacionadas com o conteúdo. O efeito da ação do usuário deve ser prontamente apresentado a ele, como ocorre no mundo real.

Tais diretrizes demandam que o sistema seja, desde suas etapas iniciais de planejamento, moldado para o uso de Interfaces Naturais, o que é um desafio maior do que aparenta ser, visto que, em um primeiro momento, o desenvolvedor busca apenas portar estruturas do paradigma WIMP, ou apenas modificá-los minimamente e, além disso, a grande maioria dos programadores nunca desenvolveu uma interface, apenas utilizando elementos prontos dispostos em uma biblioteca (WIGDOR e WIXON, 2011).

2.6.2 Diretrizes para Interfaces Naturais com o Kinect

Com o lançamento da versão para Windows do Kinect, a Microsoft liberou um documento onde lista um conjunto de princípios que devem nortear o desenvolvimento de Interfaces com o usuário utilizando esse dispositivo.

A obra (MICROSOFT, 2013) estabelece algumas diretrizes que, se seguidas, tornam a experiência de uso de aplicações desenvolvidas com o dispositivo mais engajada e fluída. A seguir, são mostrados os critérios básicos de design de NUI sugeridos nesse documento. Tais regras vão de encontro àquelas propostas por (BLAKE, 2013) descritas anteriormente e as adaptam às capacidades do dispositivo

- Entradas significativas – Para evitar a frustração dos usuários quando utilizarem o sistema, as entradas precisam ser precisas, confiáveis e de reconhecimento rápido. Ações identificadas incorretamente devem ser facilmente canceláveis e o sistema deve ser sensível à distância de quem o usa ao sensor. Em situações em que dispositivos tradicionais oferecem uma experiência de uso melhor, como na digitação de grandes volumes de texto, eles devem ser utilizados;
- Gestos Inatos e aprendidos – Gestos que o usuário já usa no contato com o mundo, como apontar, arrastar e pegar devem ser levados em conta no desenho do sistema, enquanto que gestos novos devem ser simples a ponto de serem aprendidos rapidamente;

- O Propósito muda o design – O usuário apenas pode ser desafiado a realizar uma tarefa complexa em um ambiente de jogo, porém quando estiver interagindo com uma interface, se sentirá frustrado se a vir como um desafio a ser superado. A curva de aprendizado para Interfaces Naturais deve ser suave;
- Engajamento constante – O usuário deve ser constantemente alertado do status da detecção pelo aparelho de modo que não tente realizar uma ação fora da área de detecção do sensor, visto que não existe superfície física de contato entre os dois.
- Considerar os limites – Os gestos devem alternar as mãos e serem limitados ao intervalo de movimento natural dos membros. A variação de tamanho do usuário também deve ser levada em conta.

O sistema gerado como fruto desse trabalho buscou seguir essas diretrizes. O modo como o programa as implementa será mostrado nos capítulos 4 e 5.

2.7. Considerações Finais

Este capítulo procurou fornecer ao leitor uma visão geral sobre obesidade e sobrepeso em adultos e crianças, as comorbidades relacionadas a essa doença, bem como estratégias de prevenção e tratamento, ressaltando o papel pedagógico do profissional da Educação Física, inserido no ambiente escolar, de modo a incentivar a prática das atividades físicas e esportivas mais adequadas para cada etapa do desenvolvimento psicomotor do indivíduo.

Além disso, o histórico das tecnologias que oferecem suporte ao desenvolvimento do sistema fruto deste trabalho foi abordado, enfatizando o uso de sistemas de Realidade Virtual e seus dispositivos em diversas áreas do conhecimento, com especial ênfase nos equipamentos e softwares que implementam rastreamento de movimentos sem marcadores e interfaces naturais com o usuário.

O capítulo seguinte traça um panorama do estado atual da pesquisa nessa área, apresentando um conjunto de trabalhos correlatos, identificando características em comum e suas peculiaridades, de modo a tornar o sistema fruto deste trabalho uma contribuição significativa aos trabalhos já existentes.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

Essa seção apresenta um conjunto de trabalhos cujo tema se relaciona ao abordado nesta obra. Procura-se com isso oferecer ao leitor um panorama do estado da arte da pesquisa em utilização de sensores e jogos para o tratamento da obesidade bem como uma amostra dos trabalhos cujas características inspiraram determinadas características do sistema fruto deste estudo.

3.1 *Exergames* personalizados

(GÖBEL, HARDY, *et al.*, 2010) relatam o desenvolvimento de uma série de *exergames* fazendo uso de bicicletas ergométricas, câmeras e sensores conectados a um computador exibindo um ambiente virtual não-imersivo. O sistema, por meio dos sinais vindos desses dispositivos, interpreta variações no metabolismo do jogador, como ritmo cardíaco e respiratório e adapta a velocidade e dificuldade do jogo de acordo com tais respostas fisiológicas, de modo a sempre fornecer um desafio, independentemente do nível de condicionamento físico ou experiência de quem faz uso do sistema.

A Figura 32 mostra duas atividades implementadas com esse sistema de ajuste dinâmico de dificuldade: em (a) é mostrado o *ErgoActive*, que simula um passeio controlado por uma bicicleta enquanto (b) mostra o *SunSpotsGo*, cujo objetivo é melhorar a destreza manual do jogador por meio de exercícios de pontaria e concentração.



(A)

(B)

Figura 32 - Exergames com dificuldade dinâmica

Fonte: (GÖBEL, HARDY, *et al.*, 2010)

Por meio de um grupo de teste formado por um conjunto variado de profissionais, o autor pode perceber uma melhora significativa na motivação dos usuários através dos níveis crescentes de dificuldade, observando que a comunicação bidirecional sensor-sistema e o impacto direto das medidas do sensor no ambiente de jogo foram bem recebidos pelo grupo.

3.2 Gasto energético com o Kinect em crianças em idade escolar

Esse experimento (SMALLWOOD, MORRIS, *et al.*, 2012) tabulou as respostas psicológicas e fisiológicas de usuários em *exergames* disponíveis comercialmente e as comparou com aquelas apresentadas por jogadores em controladores de jogo tradicionais. Um conjunto de dezoito crianças – 10 meninos e 8 meninas entre onze e dezesseis anos de idade – experimentou quatro jogos do sistema Xbox360 durante sessões de quinze minutos seguidas por intervalos de cinco. Dois desses jogos possuíam interação tradicional via controlador e os outros dois implementavam controles por detecção de movimento. O gasto calórico e o ritmo cardíaco dos voluntários em repouso foram medidos através de sensores para fins de controle. O Objetivo do estudo era verificar o real impacto de jogos ativos utilizando o Kinect no peso dos participantes à médio e longo prazo.

Segundo o autor, ocorreu uma mudança no ritmo cardíaco e respiratório em todos os quatro jogos, sendo superior nos que usam movimentos. O aumento do consumo de energia ocasionado pelos jogos de dança está na linha limítrofe entre o que é atividade física e o que não é. Em geral, jogos de esportes, como o *Kinect Sports Boxing* se saem melhor nesses dois critérios. Enquanto uma sessão de *Dance central* pode ser considerada como um exercício físico de baixo impacto, o mesmo intervalo de tempo dedicado ao boxe com Kinect é uma atividade moderada.

A Figura 33 mostra (a) o ritmo cardíaco dos jogadores e sua variação nos diferentes tipos de jogos (em repouso, jogando com controles tradicionais e ativos) e (b) o gasto calórico médio.

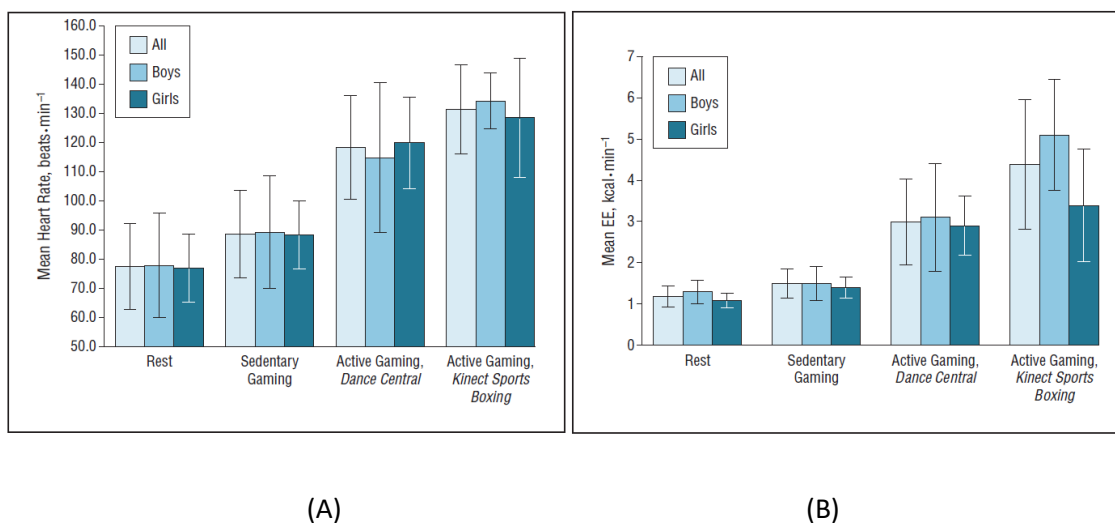


Figura 33- Variação do ritmo cardíaco e gasto calórico

Fonte: (SMALLWOOD, MORRIS, *et al.*, 2012)

Extrapolando os dados do experimento, o autor estimou que um jogador sedentário que faz uso de um *exergame* regularmente pode obter um gasto calórico na ordem de 176 a 326 quilocalorias por dia, o que representaria, no mínimo, uma redução de 0.3kg de peso por semana atribuída somente a essa atividade, o que, aliado a uma maior adesão dos participantes da pesquisa aos exercícios com o equipamento, foi suficiente para que o Kinect fosse considerado uma ferramenta no combate à obesidade infantil, desde que seja associado a outras atividades. Novamente, a repetição diária das rotinas de jogo com o acessório foi apontada como um fator-chave para a obtenção de resultados consistentes a médio prazo.

3.3 Revisão sistemática do uso de Exergames em aulas de Educação Física

(VAGHETTI, SPEROTTO e BOTELHO, 2010) realizaram uma ampla revisão sobre o uso do Kinect para recreação, treinamento e reabilitação e afirmam que o gasto energético dos níveis iniciais de jogos de dança usando o acessório se assemelham ao de uma partida de tênis, enquanto que rotinas mais difíceis tornam-no assemelhado ao esforço da natação. Os autores também atestam a eficácia do aparelho na diminuição de medidas na região do abdome especialmente em crianças menores.

Um fator de impacto no resultado foi a experiência do jogador: jogadores frequentes gastam mais calorias que jogadores iniciantes pois tendem a ser mais familiarizados com o

ambiente de jogo e se arriscar mais. Porém, os autores notam uma carência de pesquisas no que tange ao uso do Kinect para o desenvolvimento de habilidades motoras específicas, com os estudos sendo concentrados somente na melhoria de aptidão aeróbica dos usuários.

No que tange aos benefícios psicológicos oriundos desses sistemas, a pesquisa constatou que o *game design* é fundamental para a adesão do jogador e sua frequência de utilização do sistema, crucial para resultados a médio e longo prazo. Além disso fornecer o nível correto de dificuldade deve ser uma preocupação constante do desenvolvedor, já que faixas etárias diferentes possuem níveis de tolerância diferentes ao fracasso em uma atividade. O jogo deve ser desafiador sem ser frustrante.

Os autores terminam discorrendo sobre os benefícios do sensor no tratamento de determinadas doenças e suas vantagens em relação a métodos mais tradicionais, como o custo reduzido e a possibilidade de o usuário fazer o tratamento em sua própria casa. Porém relata alguns casos de lesões durante sessões de terapia com o Kinect, evidenciando a necessidade de algum tipo de acompanhamento por parte do profissional responsável.

3.4 Exergames implementados por meio de um *framework* para jogos em nuvem

O trabalho de (HASSAN, HOSSAIN, *et al.*, 2012) busca oferecer suporte ao monitoramento remoto de atividades físicas executadas com sensores por meio da internet. O autor propõe um *framework* distribuído voltado especificamente para o desenvolvimento de aplicações que atuem no tratamento de obesidade.

O *framework* proposto pelo autor oferece suporte à autenticação e configurações de privacidade para pacientes, gerenciamento remoto de sessões de jogo, notificações a respeito do progresso do paciente tanto para o próprio quanto para seus cuidadores e suporte a múltiplos tipos de sensores.

O autor acredita que sua sugestão de arquitetura e o *framework* desenvolvido vão auxiliar no desenvolvimento de aplicações pervasivas monitorando constantemente as informações vitais dos pacientes em tratamento.

A Figura 34 mostra a sugestão do autor para tal ambiente, fazendo uso de Webservices e múltiplos pacientes e dispositivos fixos e móveis conectados via internet.

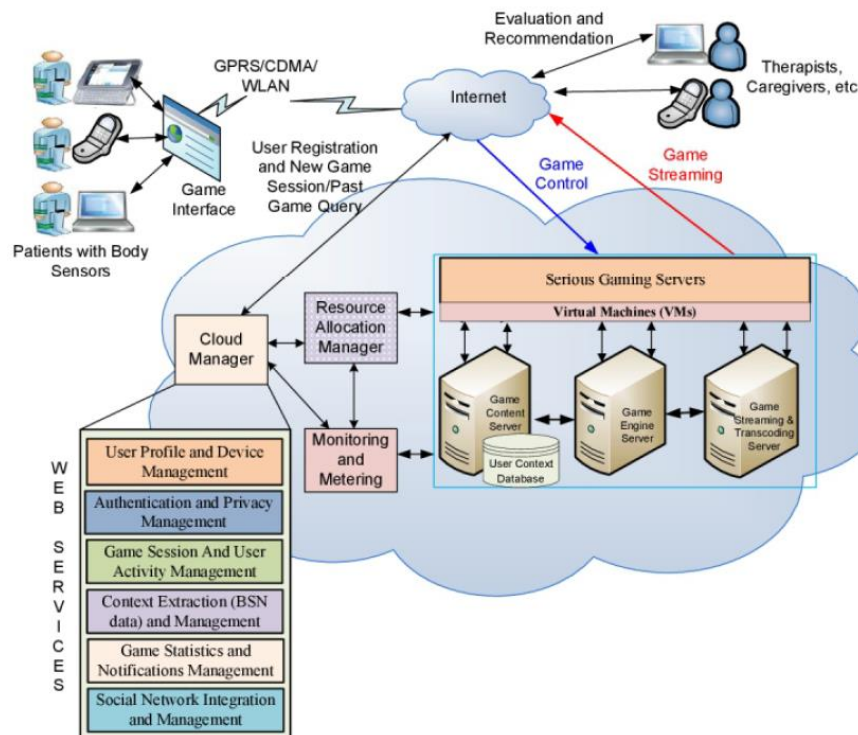


Figura 34 - Um ambiente de monitoramento de exergames em rede

Fonte: (HASSAN, HOSSAIN, *et al.*, 2012)

3.5 O Phisioplay: exergame para reabilitação

(SANTOS, 2012) descreve o processo de desenvolvimento de um *exergame* para reabilitação física, porém em pacientes com alterações neuromotoras congênitas e distúrbios posturais. O sistema foi desenvolvido como um auxiliar no tratamento de escolioses, deformidades na coluna vertebral passíveis de tratamento com o uso de ferramentas como Reabilitação Postural Global, coletes anatômicos e exercícios físicos apropriados. Segundo o autor, o desconforto, o cansaço e a falta de instrução adequada, são fatores que contribuem para que apenas 31% dos pacientes executem tais exercícios apropriadamente.

Uma tela do aplicativo desenvolvido por esse autor, fazendo uso de uma combinação de sensores e periféricos de entrada diversos, pode ser vista na Figura 35.



Figura 35 - o Physioplay: um serious game para lesões na coluna

FONTE: (SANTOS, 2012)

Tanto o processo de desenvolvimento quanto o de avaliação do sistema ocorreram sob supervisão de acadêmicos e professores do Laboratório de Análise de Movimento Humano da Universidade Federal de Alfenas, em Minas Gerais.

3.5 Comparações entre sistemas existentes

Essa seção busca comparar as qualidades e particularidades dos sistemas apresentados de forma a estabelecer características desejáveis para a criação de um protótipo pertinente bem como diagnosticar eventuais oportunidades de melhoria conceitual no projeto.

Foram considerados quatro quesitos, conforme descritos a seguir:

- Finalidade principal: o objetivo principal para o qual o sistema foi construído: para o tratamento de alguma doença em específico, reabilitação após um trauma, treinamento físico buscando aprimorar uma determinada habilidade ou entretenimento;
- Suporte remoto: O ambiente fornece a possibilidade de se monitorar remotamente, via rede, as atividades e o progresso de seus usuários de modo a avaliar se os objetivos propostos estão sendo atingidos mesmo com o avaliador distante;
- Dispositivos suportados: Os equipamentos pelos quais as entradas do usuário são captadas e transferidas para o computador;

- Dificuldade dinâmica: O sistema se adapta com o tempo à melhoria de performance do usuário na realização da tarefa proposta, de modo a oferecer sempre um desafio novo;
- Licença: O sistema pode ser adquirido comercialmente ou é fruto de uma investigação acadêmica.

O Quadro 3 apresenta o resultado da análise desses quesitos nas ferramentas mostradas nesse capítulo.

Sistema	Descrito por	Finalidade Principal	Suporte remoto	Dispositivos suportados	Dificuldade dinâmica	Licença
<i>ErgoActive</i>	GÖBEL, HARDY, <i>et al.</i> , 2010	Condicionamento físico	não	Bicicleta Ergométrica	Sim	Acadêmico
<i>SunSpotsGo</i>	GÖBEL, HARDY, <i>et al.</i> , 2010	Condicionamento físico	não	Câmera	Sim	Acadêmico
<i>Kinect Sports Boxing</i>	(SMALLWOOD, MORRIS, <i>et al.</i> , 2012)	Entretenimento	não	Kinect	Não	Comercial
<i>Dance Central</i>	(SMALLWOOD, MORRIS, <i>et al.</i> , 2012)	Entretenimento	não	Kinect	Sim	Comercial
<i>PhysioPlay</i>	SANTOS, 2012	Reabilitação	não	Kinect	Não	Acadêmico

Quadro 3 - Comparativo entre os sistemas

3.6 Considerações finais

Este capítulo apresentou um apanhado de sistemas que fazem uso de *serious games* em reabilitação e condicionamento físico. Além disso, foram apresentados dados que corroboram para a eficácia do uso de tais sistemas em crianças em idade escolar.

Analisando os *softwares* apresentados chegou-se à conclusão de que tais sistemas não oferecem suporte ao monitoramento remoto de usuários, lacuna também percebida por (HASSAN, HOSSAIN, *et al.*, 2012), o que os levou a estabelecer um *framework* conceitual para esse tipo de interação. Porém, tal trabalho limitou-se somente a esboçar como tal estrutura deveria se parecer, sem a construção de um protótipo com base em sua proposta.

Os próximos capítulos relatam o processo de criação e desenvolvimento de uma protótipo buscando explorar as possibilidades evidenciadas por essa lacuna, aliando uma interface de monitoramento remoto ao ambiente no qual as atividades físicas são realizadas.

4. ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS

Neste capítulo, os requisitos que nortearam o desenvolvimento do sistema, suas funcionalidades e a arquitetura proposta para seu funcionamento serão apresentados por meio de diagramas UML (*Unified Modeling Language*) exibidos nos Quadros 4 a 6.

4.1. Especificação do sistema

Segundo (BEZERRA, 2002), os requisitos do sistema são compostos a partir do levantamento das funcionalidades e/ou necessidades de seus futuros usuários, as capacidades que ele deve possuir para satisfazer as necessidades de quem possui o domínio do problema que o aplicativo se propõe a resolver.

O sistema proposto neste trabalho implementa um conjunto de atividades recreativas de modo a incentivar a atividade física em crianças de sete a dez anos de idade, tendo como diferencial o suporte ao acompanhamento das estatísticas de uso do sistema e da evolução do jogador através do uso contínuo do aplicativo por um profissional monitor de maneira remota por meio de um serviço web.

Partindo dessas definições, optou-se por dividir o sistema em três módulos:

- **Cliente:** Executando no computador do jogador, esse módulo é responsável pelo controle do sensor, captura dos movimentos, exibição das atividades e interação direta com o usuário. O módulo deve ser conectado periodicamente à Internet de modo a permitir o acesso/atualização das estatísticas de uso do sistema pelo profissional monitor;
- **Webservice:** Hospedado em um servidor, o módulo é responsável por armazenar as informações vindas do cliente e a validação do *login* do jogador e do monitor;
- **Interface de monitoramento:** Também hospedada em um servidor, esse módulo, implementado através de tecnologias *Web* permite o acesso às informações do sistema pelo profissional monitor mesmo através de dispositivos móveis que ofereçam acesso à Internet.

Os requisitos de sistema são apresentados em duas categorias, conforme descritas por (SOMMERVILLE, 2003): Os requisitos funcionais, compostos pelos serviços que o sistema deve fornecer ao usuário, e os requisitos não-funcionais, que consistem nas restrições sobre tais serviços. Foram, então, identificados os seguintes requisitos para a construção do software, apresentados atrelados aos módulos pertinentes:

Módulo Cliente	
Requisitos Funcionais	<ul style="list-style-type: none"> • Escolher uma atividade, dentre as disponíveis; • Visualizar a pontuação atual/prévia na atividade escolhida; • Controlar o menu principal através de gestos do usuário; • Apresentar explicações claras e precisas de todos os métodos de interação com o sistema, adequadas à faixa-etária do público-alvo;
Requisitos Não-funcionais	<ul style="list-style-type: none"> • Conceder acesso apenas a usuários cadastrados através de <i>login</i> e senha; • Fornecer acesso apenas às atividades autorizadas pelo profissional encarregado; • Ser executado mesmo sem acesso imediato à Internet; • Oferecer suporte às limitações motoras/ergonômicas de seu público-alvo.

Quadro 4 - Requisitos do módulo Cliente

Ao ser iniciado, o módulo Cliente verifica se existe acesso à Internet e então, através de *login* e senha inseridos via teclado e mouse, permite ou não o acesso do usuário por meio de consulta ao *Webservice*. Após uma sessão de jogo, a pontuação do usuário e seu tempo de uso do sistema também são enviados ao servidor, para posterior controle pelo profissional monitor.

Módulo Webservice	
Requisitos Funcionais	<ul style="list-style-type: none"> • Manter as estatísticas de uso oriundas do cliente; • Manter dados de cadastro de múltiplos usuários e profissionais monitores
Requisitos Não-funcionais	<ul style="list-style-type: none"> • Conceder acesso apenas a usuários cadastrados através de <i>login</i> e senha.

Quadro 5 - Requisitos do módulo Webservice

O *Webservice* é o módulo responsável pelo armazenamento de informações de um ou mais jogadores utilizando o sistema. Ele é acessado pelos demais componentes de modo a manter e atualizar as informações de utilização relevantes.

Módulo Acompanhamento	
Requisitos Funcionais	<ul style="list-style-type: none"> • Visualizar, através de tabelas e gráficos, informações de uso do sistema por um ou mais jogadores; • Bloquear / Conceder acesso a atividades específicas de modo a adaptar o sistema às necessidades de cada jogador.
Requisitos Não-funcionais	<ul style="list-style-type: none"> • Conceder acesso apenas a usuários cadastrados através de <i>login</i> e senha;

Quadro 6 - Requisitos do módulo de acompanhamento

Por fim, o módulo Acompanhamento é responsável pela apresentação gráfica das estatísticas de uso do sistema por um ou mais jogadores ao profissional monitor. Ele pode também impedir o acesso a atividades específicas de acordo com o perfil do usuário utilizando o sistema.

4.1.1 Casos de uso

A Figura 36 representa o diagrama de Caso de Uso principal do sistema: o que retrata a interação entre o jogador e o módulo Cliente. Além do próprio usuário, o diagrama retrata um

outro ator, representado os dados advindos dos demais módulos do sistema através de comunicação com o *Webservice*.

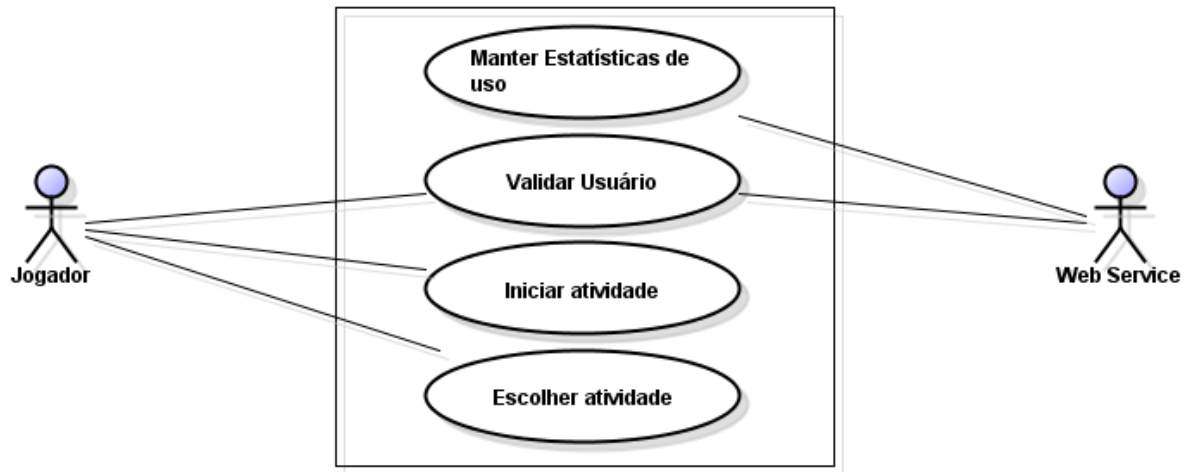


Figura 36 - Caso de Uso do módulo Cliente

Os Quadros abaixo detalham os casos de uso e os atores envolvidos em cada uma das interações mostradas na Figura 36:

Caso de uso: Manter Estatísticas de uso
<p>Descrição: O sistema envia ao <i>webservice</i> a pontuação do jogador em cada uma das atividades e o tempo de <i>login</i> em cada sessão de jogo.</p> <p>Atores Envolvidos: Webservice</p> <p>Exceções: Caso não haja comunicação entre o módulo cliente e o servidor, é exibida uma mensagem de erro ao usuário.</p>

Quadro 7 - Caso de uso "Manter Estatísticas de Uso"

Caso de uso: Iniciar Atividade
<p>Descrição: O jogador inicia uma atividade. Os objetos, materiais, texturas e músicas da atividade são carregados e exibidos na tela</p> <p>Atores Envolvidos: Jogador</p> <p>Exceções: Caso o sensor não esteja conectado, ou não esteja calibrado, é exibida uma mensagem pedindo ao usuário que conecte o equipamento. Caso algum recurso (objetos, músicas) não seja encontrado, é exibida uma mensagem de erro. Se o acesso àquela atividade estiver bloqueado, é exibida a mensagem "acesso proibido".</p>

Quadro 8 - Caso de uso "Iniciar Atividade"

Caso de uso: Validar Usuário
<p>Descrição: Representa o processo de <i>login</i> inicial: o jogador acessa o sistema por meio de suas credenciais, que são validadas pelo <i>webservice</i></p> <p>Atores Envolvidos: Jogador, <i>webservice</i></p> <p>Exceções: O sistema exibe uma mensagem de falha de <i>login</i> caso o usuário não insira dados válidos nessa tela</p>

Quadro 9 - Caso de uso "Validar Usuário"

Caso de uso: Escolher atividade
<p>Descrição: O usuário escolhe uma atividade para jogar, dentre as disponíveis, exibidas em um menu apropriado. Os gestos de interação também são exibidos em uma tela intermediária</p> <p>Atores Envolvidos: Jogador</p> <p>Exceções: Caso o jogador não escolha uma atividade sistema fica aguardando a escolha do jogador exibindo informações pertinentes em uma parte da janela da aplicação.</p>

Quadro 10 - Caso de uso "Escolher Atividade"

Após a especificação dos casos de uso, os principais componentes do sistema e seus papéis foram melhor estabelecidos e passou-se então para a modelagem do comportamento de tais entidades.

4.1.2 Diagrama de atividades

O Diagrama de atividades apresentado na Figura 37 tem por objetivo modelar graficamente os caminhos lógicos que um software pode tomar.

O diagrama aqui exibido modela os processos pertinentes ao módulo cliente do sistema. São exibidos os processos de *login* e sua validação, teste de conexão com o sensor, escolha de uma atividade e verificação de sua disponibilidade através de um menu, sua posterior execução e a exibição e atualização de informações sobre o jogador no *webservice* (por meio de um *thread* dedicado) após o término da interação.

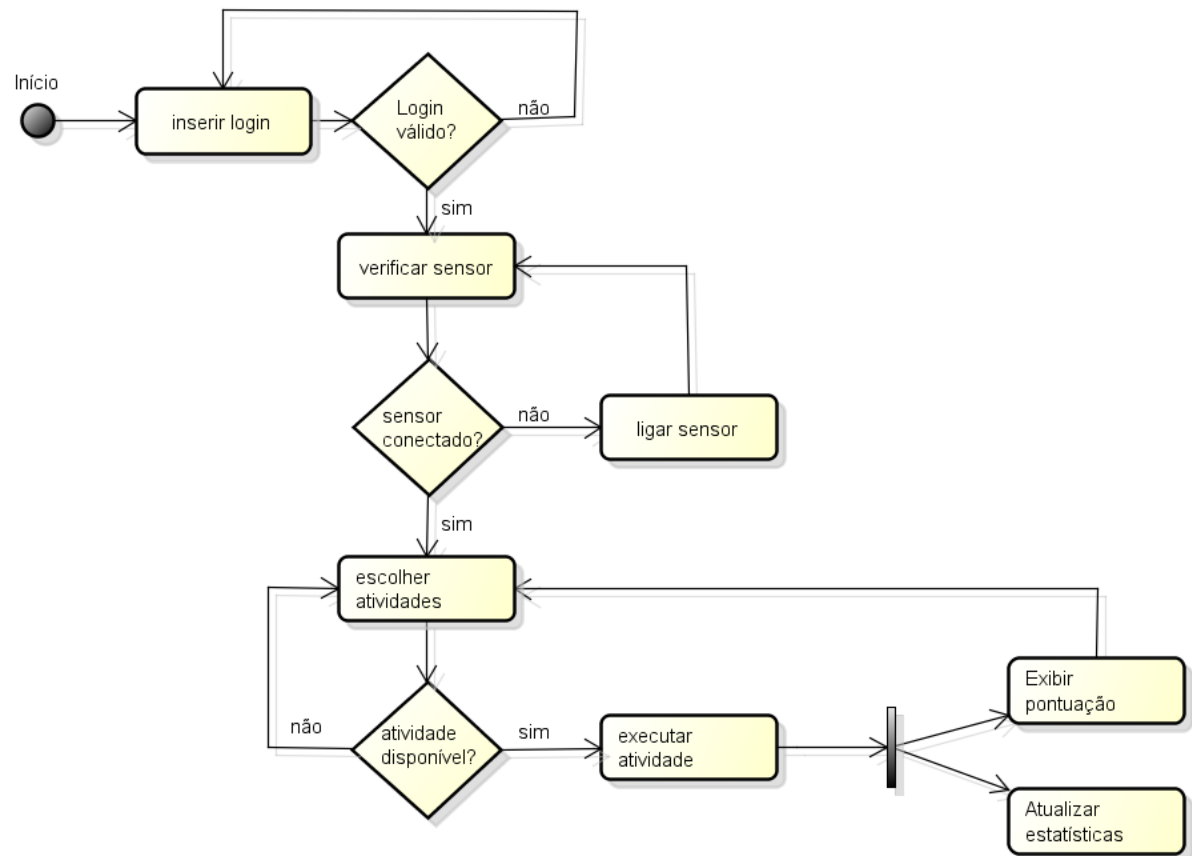


Figura 37 - Diagrama de atividade do módulo Cliente

4.2 Arquitetura do sistema

A Figura 38 mostra uma representação gráfica dos principais componentes de *hardware* e *software* do sistema e suas funções.

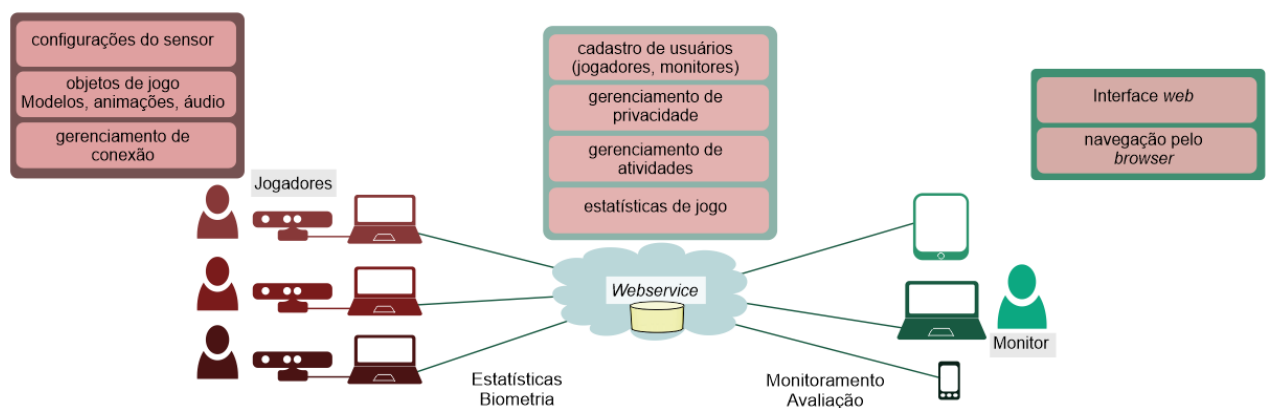


Figura 38 - Componentes do sistema proposto

O módulo Cliente, situado no computador do jogador, é composto pelos *assets* de jogo (objetos tridimensionais, animações, gráficos músicas e sons), pelo controle de conexões, sendo responsável também pelo reconhecimento dos movimentos capturados pelo sensor Kinect, sendo o maior dos módulos do sistema.

O módulo *Webservice*, hospedado na internet, possui o banco de dados geral do sistema, onde estão armazenados os dados cadastrais de jogadores e monitores, além das estatísticas de uso. O *Webservice* é responsável por gerar os dados que serão consumidos pela interface de monitoramento e fornecer as credenciais (*login*, senha e autorizações de execução de atividades) dos jogadores para o módulo Cliente.

A interface de gerenciamento, também hospedada na internet, podendo ser acessada por navegadores convencionais ou de dispositivos móveis equipados com um *browser*, fornece uma visão geral em forma de gráficos ao profissional monitor. Através dela, é possível bloquear o acesso a determinadas atividades, visualizar estatísticas de uso, além de determinados dados biométricos dos jogadores.

4.4 *Game Bible*

O *Game Bible* é um documento que registra o processo de desenvolvimento de um jogo e aborda aspectos como jogabilidade, questões de design e escolhas artísticas que definem a aparência visual dos elementos da aplicação e a visão conceitual do aplicativo como um todo (MACHADO, 2003). O *Game Bible* do Aktive está disponibilizado no Anexo 3, apresentado ao final deste trabalho. O formato do documento utilizado aqui foi adaptado de (MORAIS, 2011).

4.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou a especificação dos requisitos para o sistema a ser apresentado no próximo capítulo. Espera-se que, com isso, o leitor possa compreender a arquitetura empregada bem como a divisão do sistema em diferentes módulos e suas finalidades.

O Capítulo 5 apresentará as tecnologias utilizadas na implementação de tais módulos, fornecendo também uma discussão sobre os aspectos de usabilidade do sistema construído.

5. DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas as ferramentas tecnológicas utilizadas na elaboração do protótipo do sistema proposto. São mostrados também alguns pontos-chave da programação das atividades bem como adaptações que se fizeram necessárias para melhor atender ao público-alvo do aplicativo: crianças de sete a dez anos de idade, monitoradas remotamente por profissionais de Educação Física.

5.1 Tecnologias empregadas

O sistema desenvolvido nesse trabalho, denominado Aktive (do inglês *Active*: ativo, vivo, ágil. Escrito com a letra k em alusão ao Kinect) consiste de um aplicativo local sendo executado em um PC ligado a um sensor Kinect, um serviço web alimentado pelos dados de uso desse aplicativo e uma interface de monitoramento. O profissional monitor avalia a frequência de uso do sistema por meio de um navegador web para fins de acompanhamento da condição física dos usuários do módulo Cliente.

O Webservice foi implementado em PHP usando MySQL como banco de dados. O tutor acessa o sistema através de uma interface HTML+CSS e a comunicação entre o cliente e o servidor se dá por meio de requisições no formato JSON. O suporte a esse formato de requisição no Unity foi conseguido por meio da utilização da biblioteca SimpleJSON (UNIFY COMMUNITY, 2013).

Gráficos e outras informações dinâmicas são exibidas na interface de monitoramento por meio da biblioteca jQuery, de modo que o acompanhamento dos usuários do sistema cliente seja possível também através de dispositivos móveis que possuam um navegador de Internet. A frequência de uso do sistema, bem como a estimativa de gasto calórico por atividade foram parametrizadas através de consultoria com profissional Educador Físico.

Os minijogos foram implementados inicialmente com o uso da *engine* Unity3D versão 4.2.1, ocorrendo a migração para a versão 4.3.1 no decorrer do projeto. Foram utilizados os drivers oficiais para Kinect e o sistema de identificação de juntas contido no KinectSDK, ambos fornecidos pela Microsoft. Versões preliminares do sistema foram implementadas utilizando-se a biblioteca XNA e o ambiente *VisualStudio*, porém, devido ao encerramento do suporte à tecnologia XNA em detrimento ao DirectX 11, o Unity foi escolhido.

A integração entre o sensor e a *engine* é dada pelo KinectWrapper. Foi utilizada C# como linguagem de script para os minijogos. A comunicação com o serviço web é monitorada através do componente NetworkManager. A escolha da Unity3D como *engine* e plataforma de desenvolvimento se deve a facilidade de integração entre os dados vindos do sensor, os objetos modelados externamente e o sistema de simulação física. Os modelos tridimensionais utilizados no sistema, bem como as animações, foram criados usando o Blender 3D versões 2.69 e 2.70 e exportados para o Unity em formato .FBX. A Figura 39 mostra um resumo das camadas de processamento e bibliotecas utilizadas no módulo Cliente.

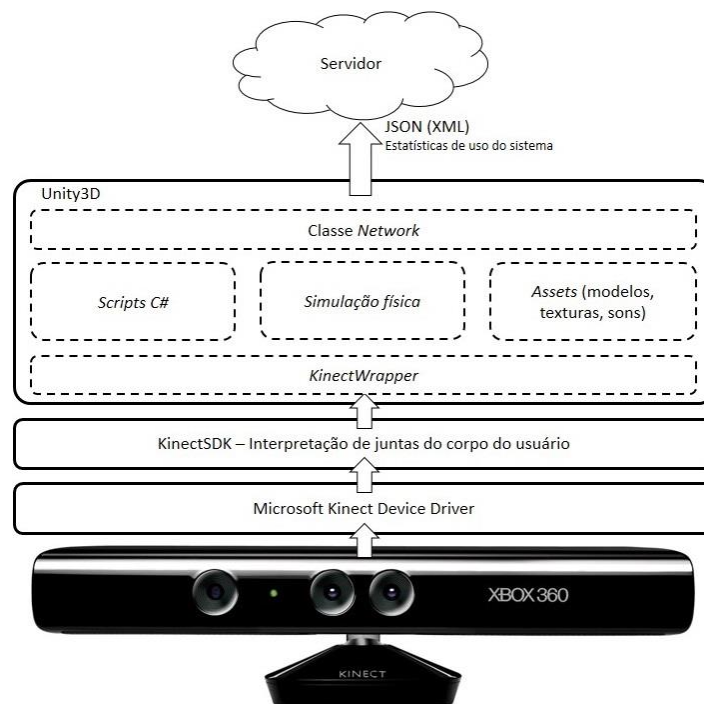


Figura 39 - Camadas de processamento do módulo Cliente

Para a codificação do protótipo utilizado para validação, foi utilizado um *notebook* Dell Inspiron 7520, com um processador Intel Core i7 de terceira geração operando a 2.20 *gigahertz*, 8 *gigabytes* de memória RAM executando Windows Professional 8.1 e placa de vídeo dedicada AMD Radeon 7730M com 2 *gigabytes* de memória de vídeo com o Kinect para Xbox360 conectado via USB utilizando o adaptador padrão da Microsoft que acompanha o produto.

As próximas seções destinam-se a oferecer detalhes sobre as tecnologias aqui mencionadas, fornecendo uma visão mais aprofundada da função de cada uma delas na construção dos módulos do sistema.

5.1.1 Unity

O Unity 3D é um ambiente completo para desenvolvimento de jogos e ambientes interativos tridimensionais, desde simples quebra-cabeças a simulações distribuídas com múltiplos usuários. O produto oferece um conjunto de ferramentas que facilita a criação desse tipo de aplicação, com funcionalidades que incluem assistentes para criação de mapas com relevo, múltiplos materiais, texturas, animações, clima e vegetação. Contando com uma grande comunidade de desenvolvedores, novas funcionalidades, gratuitas ou com licença comercial, podem ser obtidas através do site oficial da plataforma. A Figura 40 mostra a interface da versão do Unity utilizada neste trabalho mostrando a construção de uma das atividades que integram o módulo Cliente:

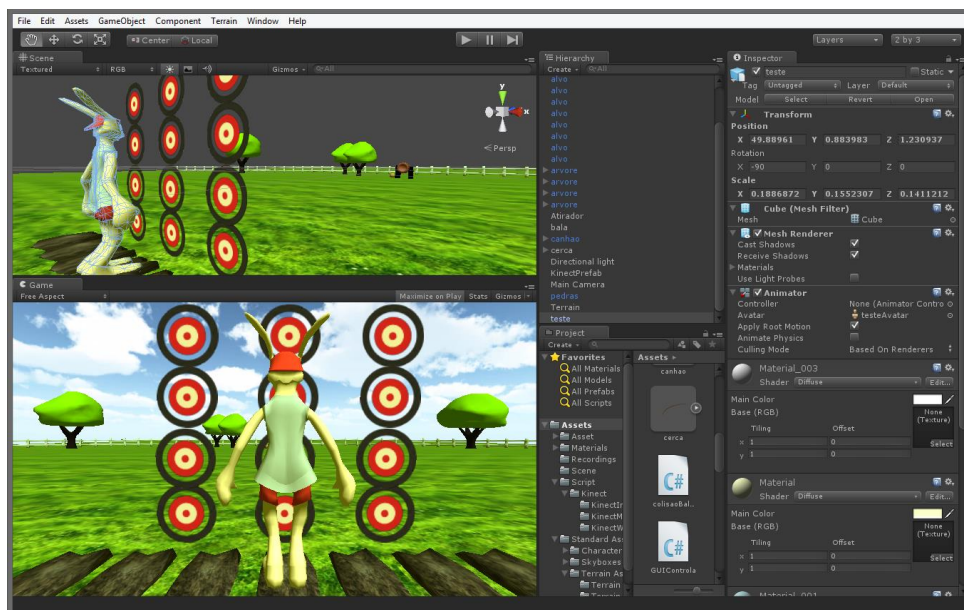


Figura 40 - Interface do Unity 3D versão 4.2.1

O Unity é composto por uma *engine*: o motor de renderização e simulação de fenômenos físicos, e um ambiente de autoria que permite a visualização em tempo real das mudanças codificadas em uma das três linguagens de programação para as quais ele oferece suporte (CREIGHTON, 2010). A ferramenta é oferecida em duas versões: uma gratuita, que oferece suporte à criação de aplicações para Windows e MacOS, e uma paga, que acrescenta compatibilidade com a plataforma Android, IOS e consoles de jogos de mesa.

A versão comercial do Unity foi utilizada para a criação do sistema fruto deste trabalho. Esse ambiente foi escolhido devido à sua facilidade de integração com tecnologias de autoria gráficas como o Blender e o Adobe Photoshop, além disso, a velocidade de execução das aplicações e o fato de possuir um motor de física integrado também foram fatores que contribuíram para a escolha dessa IDE.

O Unity oferece suporte às linguagens de programação C#, JavaScript e *Boo*. Os blocos de programação são criados através de editor específico e são, então, anexados aos objetos presentes em um espaço tridimensional. Versões iniciais do sistema foram implementadas com o uso do Microsoft VisualStudio em linguagem C#, devido a isso, a linguagem permaneceu a mesma no porte da aplicação para o novo ambiente de desenvolvimento.

Segundo (GOLDSTONE, 2009), os componentes principais de uma aplicação implementada com o Unity são:

- *Assets*: objetos criados em aplicativos de terceiros e importados para o Unity. São os blocos básicos de construção e podem consistir de modelos tridimensionais em formatos diversos, arquivos de imagem, sons e música. Os *assets* são organizados em uma pasta própria, presente em qualquer arquivo criado com a IDE;
- *Scenes*: as cenas são áreas autocontidas do jogo, utilizadas para se distribuir tempos de carregamento e blocos lógicos em unidades menores utilizadas conforme a demanda. Uma aplicação Unity é um conjunto de uma ou mais *scenes* que se apontam mutuamente;
- *GameObject*: é um *asset* quando utilizado em uma *scene*. Todo *GameObject* é composto inicialmente por uma *Transform*, a localização, rotação e escala do objeto no ambiente. Componentes adicionais, como malhas, texturas, objetos de simulação e *scripts* podem ser anexados ao *GameObject* tornando-o dinâmico e implementando interações com o usuário e com outros objetos de jogo;
- *Components*: São características adicionais que um *GameObject* pode possuir. Um componente *Animator*, por exemplo, fornece controles de animação a um objeto, enquanto que um componente *RigidBody* o torna detectável pelo sistema de simulação física do Unity;

- *Scripts*: São blocos de código, escritos em uma das três linguagens de programação suportadas através de um editor próprio: o MonoDevelop. *Scripts* são só ativos quando anexados, em forma de componente, a um *GameObject*. Qualquer mudança codificada em um *script* é imediatamente visualizada na janela principal do Unity, acelerando o processo de codificação;
- *Prefabs*: É um repositório de objetos de jogo autocontidos, juntamente com seus *scripts* que se tornam, dessa forma, reutilizáveis em outros projetos e redistribuíveis.

O modulo Cliente do Aktive consiste de uma cena utilizada como interface para *login*, outra cena implementando o menu, onde o usuário pode escolher uma atividade, implementada em sua própria *scene*, para jogar. Os *scripts* e componentes de cada atividade ficam, portanto, restritos ao escopo da atividade, de modo a deixar o ambiente de desenvolvimento mais organizado e a estruturar melhor os blocos de programação.

5.1.2 O Kinect for Windows SDK

Segundo (MICROSOFT CORPORATION, 2012), o Kit de desenvolvimento para o Kinect fornece de maneira gratuita as ferramentas e interfaces de programação, tanto nativas quanto gerenciadas, para permitir a construção de aplicações com suporte ao Kinect no Windows. O pacote ainda contém o *driver* do dispositivo, responsável pela comunicação entre o periférico e o computador por meio de cabo USB específico, que pode ser visto na Figura 41.



Figura 41 - Cabos de conexão do Kinect para PC

FONTE: (CARDOSO, 2013)

O SDK provê acesso a um conjunto misto de dados oriundos do Kinect. O programador pode escolher entre capturar a posição do esqueleto e das juntas de um usuário detectado ou manipular diretamente o fluxo bruto de vídeo e pontos tridimensionais.

Originalmente implementado em linguagem C++, o SDK pode ser utilizado também em conjunto com tecnologias relacionadas à plataforma .NET da Microsoft, como o C# no VisualStudio. Segundo (MILES, 2012), o SDK oferece suporte a duas versões do Kinect: a que é vendida como periférico para o console de jogos Xbox 360, denominada *Xbox 360 Kinect Sensor*, que opera detectando objetos entre oitenta centímetros e quatro metros de distância, e a versão para o Sistema Operacional Windows, o *Kinect for Windows*, que foi adaptado para operar melhor a distâncias menores, sendo capaz de detectar movimentos de dedos a uma distância de, no mínimo, quarenta centímetros.

5.1.3 *KinectWrapper*

Em programação, um *wrapper* é uma função ou biblioteca cujo objetivo é executar uma outra biblioteca, de maneira a oferecer uma interface entre um código novo e outro já existe, previamente incompatíveis. O *KinectWrapper* é um conjunto de *prefabs* Unity que realizam a comunicação entre o Kinect SDK e aplicativos construídos em Unity3D. Segundo (UNITY 3D, 2013), ele é composto dos seguintes elementos principais:

- *KinectSample*: Uma cena completa com todos os componentes necessários para a comunicação com o periférico, para fins de aprendizado;
- *Kinect_prefab*: um *prefab* Unity contendo todo o conjunto de *scripts* que implementam a interface com o Kinect. Um *GameObject* com um *Kinect_prefab* precisa estar inserido na cena para que o Unity seja capaz de utilizar o sensor;
- *KinectModelControlerV2*: Um *script* que deve ser anexado a um objeto 3D contendo um personagem com um *armature*, uma estrutura lógica que implementa o movimento dos ossos do corpo humano, com informações de deformação e rotação, a ser controlada pelo Kinect;

- KinectPointController: *Script* que trata cada junta do esqueleto detectado pelo Kinect como um ponto em um espaço tridimensional sem informações de hierarquia e rotação. Ideal para ser utilizado em interações bidimensionais ou que não dependam de um avatar;
- KinectDepth e KinectColor: *scripts* que fornecem acesso ao fluxo bruto de pixels oriundo das câmeras de profundidade e convencional do Kinect, respectivamente;
- KinectEmulator: *script* que emula os fluxos do Kinect, de maneira a permitir o desenvolvimento de aplicações mesmo quando o aparelho não se encontra fisicamente disponível;

O Aktive utiliza o KinectPointController para implementação da interação com os menus da aplicação e o KinectModelControllerV2 para o controle de avatares e durante as atividades.

5.1.4 JSON e SimpleJSON

JSON (do Inglês *Javascript Object Notation*, notação de objetos em Javascript) é um padrão de intercâmbio de dados baseado na linguagem de programação JavaScript. É definido por (ECMA INTERNATIONAL, 2013) como uma maneira simples de se realizar troca de informações entre diferentes linguagens, aplicações ou plataformas, podendo ser entendido como um esforço para padronização de estruturas de dados, que se tornariam legíveis por qualquer linguagem de programação que ofereça suporte a esse padrão.

Segundo o autor, documentos em JSON consistem das seguintes entidades:

- Um *objeto* é um conjunto de pares nome/valor. Um objeto sempre é representado entre chaves, sendo que os pares nome/valor são entre si por dois pontos. Um objeto pode possuir vários conjuntos nome/valor que, nesse caso, são separados por vírgula;
- Um *vetor* é um conjunto ordenado de valores, sendo representado entre colchetes, com os valores separados entre si por vírgulas;
- Uma *string* é uma sequência de caracteres Unicode delimitados por aspas duplas.

A codificação JSON consiste em traduzir estruturas da memória para um dos formatos especificados acima, o que é geralmente feito através de funções específicas das linguagens de programação que oferecem suporte ao formato ou por bibliotecas externas. A Figura 42 apresenta um exemplo de arquivo escrito com essa notação.

```
{ "empinfo" :
  {
    "employees" : [
      {
        "name" : "Scott Philip",
        "salary" : f44k,
        "age" : 27,
      },
      {
        "name" : "Tim Henn",
        "salary" : f40k,
        "age" : 27,
      },
      {
        "name" : "Long Yong",
        "salary" : f40k,
        "age" : 28,
      }
    ]
  }
}
```

Figura 42 - Exemplo de codificação JSON

Fonte: <http://bit.ly/2abYlwO>

O Unity oferece suporte a esse padrão através do componente SimpleJSON. *Scripts* Unity podem codificar e decodificar arquivos nesse formato através de funções específicas definidas por esse componente.

O Aktive faz uso de JSON para comunicação entre os diferentes módulos do sistema de maneira bidirecional. Informações sobre *login*, estatísticas de uso e permissões são formatadas utilizando esse padrão.

5.1.5 Serviços Web

O módulo *Webservice*, responsável pela persistência de dados do sistema, foi construído utilizando a linguagem PHP operando sobre um banco de dados MySQL. O conjunto de *scripts* PHP é chamado remotamente pelos demais módulos do sistema e atua realizando operações sobre os dados de jogadores e monitores segundo demanda, além de receber, codificar, decodificar e enviar mensagens no formato JSON. O sistema foi construído e validado sendo executado em um servidor Apache 2.2, executando a versão 5.4.13 do PHP e

MySQL 5.6. A Figura 43 mostra o Diagrama de Fluxo do banco de dados utilizado para persistência no sistema.

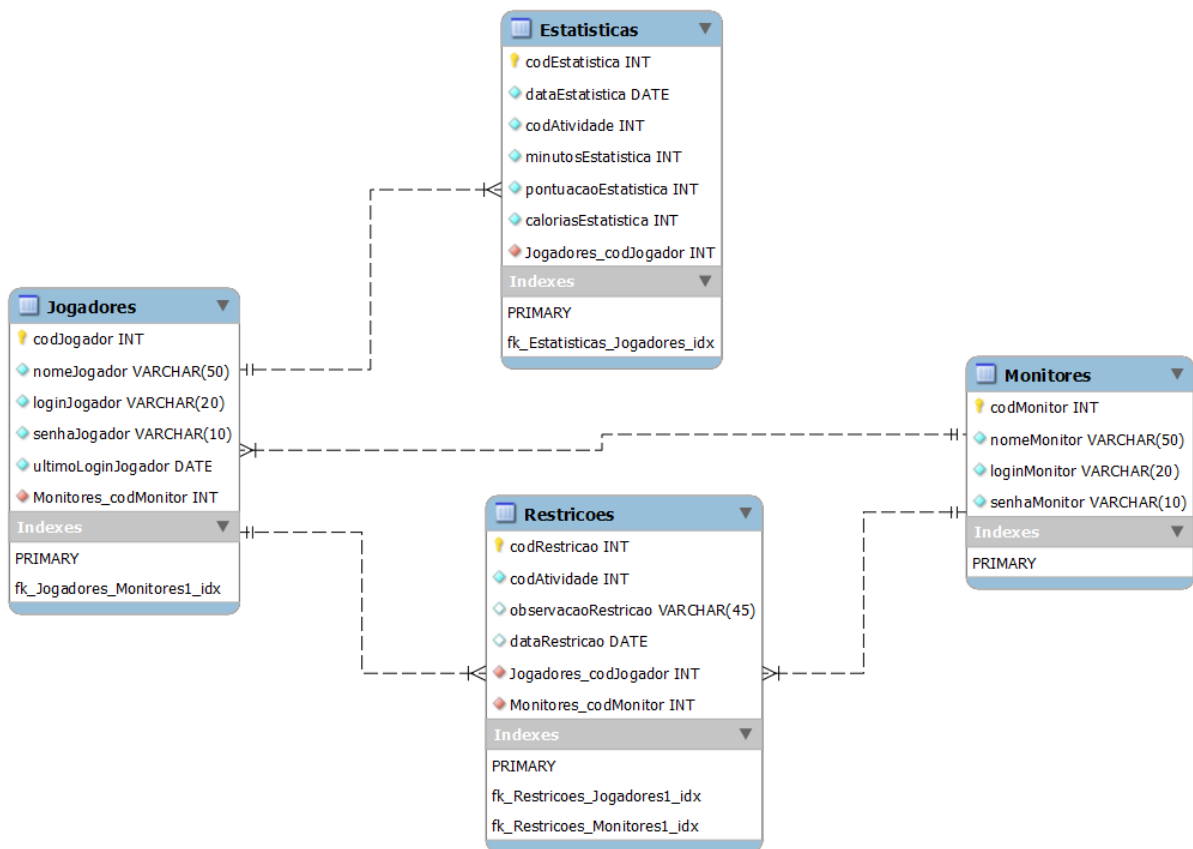


Figura 43 - Diagrama de Fluxo de dados do Active

A camada de persistência é implementada por meio de quatro tabelas e seus relacionamentos. As tabelas Jogadores e Monitores armazenam informações de *login* dos usuários do módulo Cliente e da interface de monitoramento do sistema, respectivamente. A tabela Restrição permite que o Monitor bloqueie o acesso a determinada atividade caso ache necessário, podendo inclusive descrever seus motivos. A tabela Estatísticas, atualizada pelo módulo Cliente ao final de cada atividade por meio do *Webservice*, guarda o registro dos acessos a cada atividade, o tempo de execução, pontuação e estimativa de gasto calórico por execução para posterior auditoria pelo Monitor.

5.2 Questões de usabilidade e Interface

A Norma Brasileira ISO 9241 define usabilidade como a medida pela qual um produto pode ser utilizado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com efetividade,

eficiência e satisfação em um determinado contexto de uso (ABNT, 2002). Em informática, a usabilidade está relacionada aos estudos da interação entre homem e computador, sendo uma disciplina interessada no projeto, implementação e avaliação de sistemas computacionais interativos para uso humano, em conjunto com os fenômenos relacionados a esse uso (BARBOSA e SILVA, 2010).

A forma como a interface de um *software* faz uso de elementos gráficos, sons, textos e animações para registrar e responder a intervenção do usuário de maneira efetiva é chamada de design de interação. O processo de criação de uma interface deve seguir quatro atividades básicas, que são complementares e repetidas constantemente no decorrer do desenvolvimento do projeto (PREECE, ROGERS e SHARP, 2005):

- Identificação das necessidades do produto avaliado e apresentação de propostas de requisitos para correção do problema: o público-alvo do sistema, bem como suas necessidades, limitações e especificidades deve ser bem estabelecido, de modo que a solução proposta pelo software responda adequadamente a esses usuários;
- Desenvolvimento de designs alternativos ao pré-existente, capazes de preencher os requisitos propostos no item anterior: sugerir soluções de design para as necessidades diagnosticadas na primeira etapa, formando assim um modelo conceitual relevante para a interface do sistema;
- Construção de versões interativas dos designs propostos inicialmente, de maneira a serem analisados posteriormente: o modelo conceitual criado é então pensado como um elemento que responde à interação, sendo avaliado através da criação de simulações de interface em papel ou outros suportes como um protótipo, para que os possíveis erros sejam identificados e corrigidos na versão final do aplicativo;
- Avaliação do que está sendo construído, no decorrer do processo de desenvolvimento: o público-alvo deve ter acesso à interface do sistema antes do seu término e suas sugestões são anotadas, de modo a aumentar as chances de criação de um produto final satisfatório.

A próxima seção mostra como tais atividades foram executadas no decorrer do desenvolvimento da interface do protótipo apresentado neste trabalho.

5.2.1 Usabilidade no Aktive

O público-alvo da aplicação é composto por crianças com idades aproximadas de 7 a 10 anos de idade com algum nível de sobrepeso, acompanhadas por um profissional de maneira remota por meio da internet. O limite inferior da faixa etária se estabelece devido a limitações de detecção do Kinect em pessoas com menos de um metro de altura (ROTHMAN, 2010).

O módulo Cliente, instalado no computador do usuário final, pressupõe que as conexões e a configuração do ambiente já tenham sido feitas por um adulto, não oferecendo, portanto, uma interface para configuração do sensor, apesar de apresentar algumas mensagens de detecção e funcionamento do mesmo. Além do Kinect, a interação com o sistema faz uso de teclado e *mouse* durante o processo de *login*, em conformidade com as diretrizes para o desenvolvimento de aplicações para o sensor que sugerem que tais periféricos sejam utilizados quando entrada precisa de volumes consideráveis de informação textual forem necessárias. (MICROSOFT, 2013).

Os textos e botões da aplicação foram redimensionados de modo a facilitar a leitura, especialmente a partir de uma determinada distância da tela, requerida para o correto funcionamento do Kinect. A escolha de fontes e a construção da identidade visual do sistema como um todo buscaram acentuar o aspecto lúdico do aplicativo. A figura 44 mostra a tela de *login* do sistema, onde é prevista a entrada de texto via teclado.

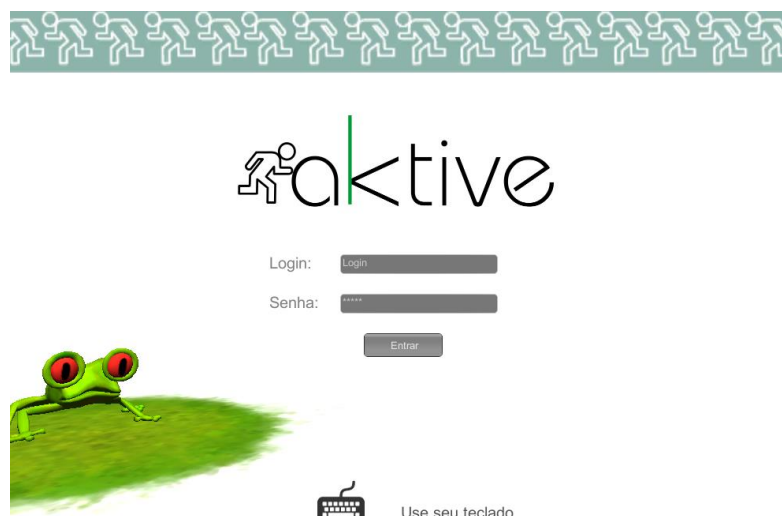


Figura 44 - Tela de login da aplicação

Mensagens de falha de autenticação e conexão são exibidas por meio dessa interface, porém, após efetuado o *login*, o usuário é instruído a se posicionar adequadamente para a detecção pelo Kinect. A partir desse momento, os elementos do sistema são ajustados para interação via gestos executados a partir de uma distância de, no mínimo, oitenta centímetros do sensor. A figura 45 mostra um dos avisos da aplicação com fontes e cores modificadas visando a legibilidade nessas condições.



Figura 45 - Tela de aviso do sistema

A Figura 46 mostra um protótipo do menu principal da aplicação, desenvolvido nas etapas iniciais do projeto. O tamanho das zonas de toque foi estipulado levando-se em conta a destreza manual do público-alvo e, novamente, a distância requerida pelo Kinect para seu correto funcionamento.



Figura 46 - Modelo conceitual de interação

Implementada para fins de dimensionamento e posicionamento de botões com o uso do Microsoft XNA, um *framework* componente do ambiente *Microsoft VisualStudio*, que possibilita o desenvolvimento de aplicações com elementos tridimensionais, abandonado em protótipos posteriores devido a sua obsolescência, a aplicação serviu como um modelo conceitual para testes de interação. O posicionamento dos botões e seu tamanho foi mantido na versão final do aplicativo.

Buscou-se assegurar a ludicidade do ambiente, um dos fatores apontados por (BOULOS e KAMEL, 2012) como fundamentais para a repetição de rotinas de exercícios físicos a médio e longo prazo, através do uso de animais antropomorfizados como representações do usuário no ambiente e outras entidades do sistema. As características físicas e o *design* desses personagens, suas animações e reações ao usuário foram objeto de um cuidadoso desenvolvimento de modo a maximizar o engajamento dos usuários às atividades do sistema. Esses elementos foram criados com o uso do Blender 2.70 e do Adobe Photoshop CS6.

A Figura 47 mostra o processo de animação de um avatar de usuário no Blender. Os movimentos do modelo são criados nesse software e exportados para o Unity. O suporte a expressões faciais, a partir da versão 4.3.0, foi o que motivou a migração para essa versão da ferramenta.

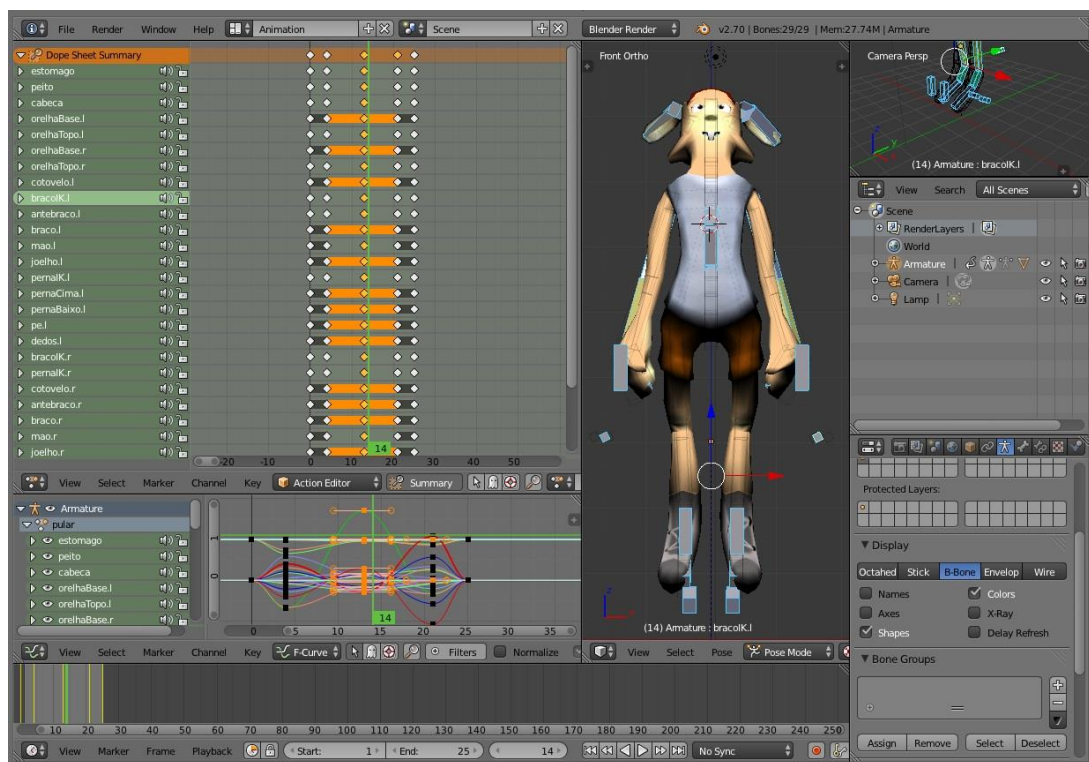


Figura 47 - Criação de um personagem animado no Blender

Além disso, o uso de sons que respondem e reforçam as ações do usuário e músicas durante as atividades servem como um fator adicional de motivação e engajamento com o jogador.

5.2.3 Ergonomia e ergometria no Aktive

Segundo (CYBIS, BETIOL e FAUST, 2010), ergonomia é a medida da adequação das ferramentas, instrumentos, máquinas, dispositivos e do meio de trabalho a seu utilizador e, consequentemente, a tarefa que ele realiza. Uma aplicação apresenta problemas de ergonomia quando algum aspecto de sua interface não é compatível com as características de seus usuários ou com a maneira como eles realizam suas tarefas.

Algumas adaptações ergonômicas se fizeram necessárias de modo a adequar as atividades do Aktive a seu público alvo: a amplitude de movimentos e a relação de tamanho entre as juntas é levemente diferente em crianças em relação aos adultos. Em uma atividade em específico, isso determinou uma mudança no modo como alvos são espalhados no ambiente de jogo, de maneira a adequar-se melhor às diferenças de envergadura entre usuários. A figura 48 evidencia tal modificação.

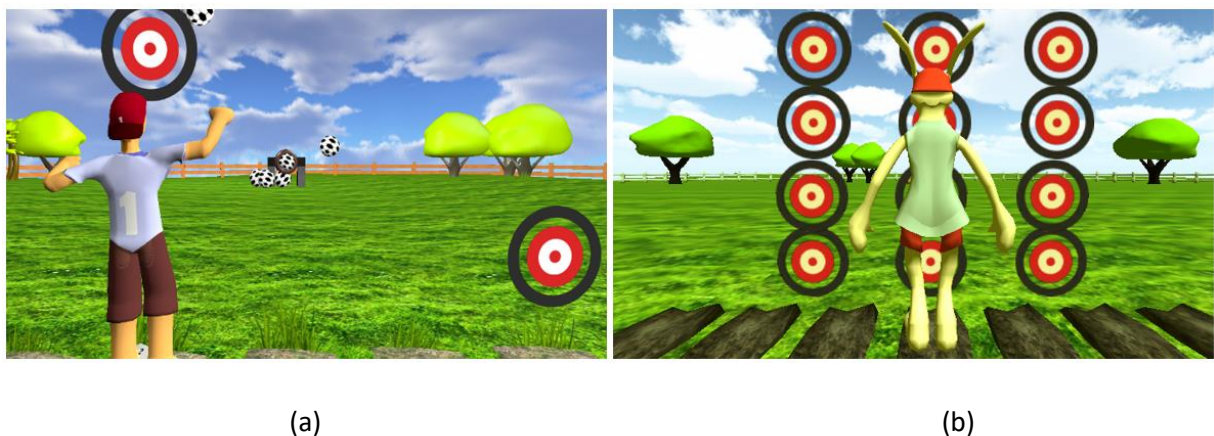


Figura 48 - Adequação ergonômica em atividade do módulo Cliente

A atividade exibida consiste em interceptar a trajetória de bolas lançadas contra o usuário, tocando nos pontos desenhados na tela no momento exato. Na versão inicial da atividade, apresentada em (a), alguns lançamentos ocorriam alto demais, enquanto que, em

determinadas ocasiões, lançamentos consecutivos em pontos opostos da tela seriam mais difíceis para crianças menores do que são para adultos. Em (b), mostra-se a versão final da atividade, com todos os alvos possíveis sendo exibidos simultaneamente para teste. Os alvos mais ao alto foram abaixados e todos eles se encontram mais próximos ao usuário. Atividades desenvolvidas posteriormente já levaram esse fato em consideração.

Já a ergometria se ocupa em medir a quantidade de trabalho efetuado em uma determinada tarefa. O acompanhamento ergométrico do jogador é efetuado por meio da estimativa de gasto calórico em cada seção de treino. Educadores físicos utilizam-se de aparelhos dedicados para estimar o trabalho efetuado por cada grupo muscular com certa precisão, de modo que o sistema busca gerar uma aproximação do resultado dessa medida por meio do uso da classificação experimental proposta por (AINSWORTH, HASKELL, *et al.*, 1993) através da equação que se segue.

$$kcal/atividade = \frac{MET \times Peso \times Tempo \text{ de atividade (min)}}{60} \quad (1)$$

Um MET (do inglês *Metabolic Equivalent of Task*, Equivalente Metabólico de uma atividade) é uma medida fisiológica tida como padrão para o cálculo de gasto energético em qualquer atividade, e equivale a uma quilocaloria por quilo de peso por hora, $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. O peso do usuário é obtido no momento do cadastro no sistema pelo profissional monitor, e o MET da atividade é estimado através de consulta a tabela-referência de (AINSWORTH, HASKELL, *et al.*, 1993). Alguns dos valores utilizados neste trabalho constam no Quadro 10. O equivalente em quilocalorias mostrado é calculado com base em uma sessão de cinco minutos realizada por um indivíduo de setenta quilos.

Atividade	MET	kcal/seção
Caminhada leve	2,8	16,3
Brincar com animais	4,0	23,3
Brincadeiras infantis ativas	5,0	29,16
Jogar futebol (casual)	7,0	40,83
Descer escadas	3,0	17,5
Dançar	4,8	28
Atividade aeróbica	6,5	37,91

Quadro 11 - Valores MET de referência

O gasto calórico estimado com cada atividade é calculado em tempo real, conforme ela é realizada. Ao final de cada atividade, essa estimativa é enviada ao *webservice* para fins de monitoramento pelo profissional responsável.

5.3 Ciclo de uma atividade

Esta seção busca mostrar através de imagens, o processo completo de execução de uma atividade, submissão dos dados e monitoramento remoto dos resultados.

Inicialmente, o jogador, utilizando teclado e mouse, efetua *login* no módulo Cliente do sistema instalado em seu computador pessoal. O módulo então se conecta ao *Webservice*, onde as credenciais são checadas e o acesso ao sistema é liberado. O cadastro de novos jogadores é feito somente a partir da interface de monitoramento. Em seguida, é apresentada a interface de escolha de atividades. A interação, desse ponto em diante, é executada através de gestos com o Kinect. A Figura 49 ilustra esse procedimento.



Figura 49 - Uma atividade sendo selecionada

A posição da mão do usuário é representada por meio de um ícone apropriado. As atividades podem ser alternadas através de setas também acionadas por um gesto de apontar e pressionar. Em seguida, uma tela é exibida explicando os gestos utilizados para controlar a atividade selecionada, bem como os critérios de pontuação. A tela está mostrada na Figura 50.



Figura 50 - Tela exibida antes de uma atividade

Na atividade mostrada, o jogador deve seguir as instruções mostradas nas placas e repetidas por um personagem controlado pelo sistema, se agachando ou levantando apropriadamente. Um aviso sonoro indica se o gesto foi executado corretamente no tempo certo, sendo então pontuado. A Figura 51 exibe a atividade sendo executada.

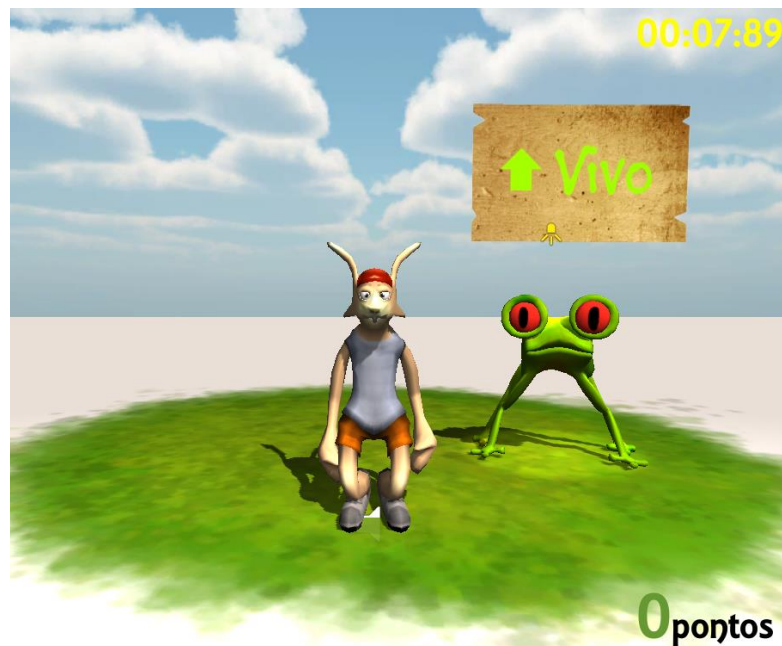


Figura 51 - Uma atividade do módulo Cliente

Ao final de cada sessão de jogo, estatísticas de utilização, bem como dados ergométricos são enviados ao *webservice* e passam a ficar disponíveis para monitoramento. A Figura 52 mostra a interface de monitoramento sendo acessada através de um navegador sendo executado em um ambiente que emula um dispositivo móvel. A quantidade de elementos na tela, sua forma e as cores utilizadas foram usadas de modo a minimizar o tempo de resposta aos comandos do sensor, permitindo a utilização do sistema mesmo em computadores com menor poder de processamento.

A interface de monitoramento é capaz de representar as estatísticas de uso através de gráficos gerados a partir da biblioteca PHP pChart (POGOLOTTI, 2014), além de permitir que o profissional bloqueie o acesso ao aplicativo ou à atividades específicas conforme achar necessário.



Figura 52 – Uma das telas da interface de monitoramento

5.4 Considerações finais

Este capítulo buscou detalhar a implementação dos módulos componentes do Aktive: um sistema que busca aliar a captura de movimentos e outros dados biométricos efetuada pelo Kinect a um *Webservice* executado a partir de um servidor na Internet propiciando o acompanhamento de um conjunto de minijogos por um profissional Educador Físico.

No próximo capítulo, o processo de validação do software, bem como uma discussão sobre os resultados do projeto serão apresentados.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As metodologias de teste, validação e avaliação de usabilidade do sistema desenvolvido neste trabalho serão apresentadas aqui. Os seguintes tópicos serão avaliados no decorrer do processo:

- As atividades apresentadas no módulo Cliente são relevantes ao público-alvo e possibilitam algum nível de gasto calórico;
- A interface do sistema é compreensível, objetiva e eficaz, podendo ser utilizada por pessoas sem muita familiaridade com interfaces naturais;
- O módulo de monitoramento fornece informações adequadas e suficientes para algum nível de avaliação da condição física dos pacientes aos quais a aplicação se destina.

6.1 Metodologia do teste

Os testes de validação do sistema foram efetuados nas dependências do curso de Educação Física da Universidade de Rio Verde, Goiás. O ambiente montado para o teste constituiu de um notebook com o Kinect conectado e colocado sob uma mesa, um monitor de 27 polegadas, exibindo o módulo Cliente da aplicação e um *tablet* iPad retina para acesso à interface de monitoramento. O espaço disponível era bem iluminado e suficiente para que fosse mantida a distância mínima recomendada pela Microsoft para uso do sensor.

Participaram do teste, oito profissionais oriundos do curso de Bacharelado em Educação Física da instituição, monitorados pelo diretor da faculdade, que acompanhou e forneceu assessoria no desenvolvimento deste projeto.

Antes do início das atividades de validação, ocorreu uma explanação sobre os objetivos do projeto e o uso de sensores e dispositivos para a prática de atividades físicas, bem como o uso pedagógico de tais aparatos tecnológicos. Após isso, cada um dos acadêmicos teve acesso ao sistema e pode realizar uma sessão completa de uso com duas atividades disponíveis e, após a sessão, teve acesso às suas estatísticas de uso por meio da interface de monitoramento.

Inicialmente, não ocorreu nenhuma orientação sobre os gestos a serem executados e o modo como a interface deveria ser utilizada, de modo a analisar a eficácia das instruções de uso

apresentadas pelo próprio sistema a um usuário inexperiente. A Figura 53 mostra um dos avaliadores utilizando o software durante o processo de validação.



Figura 53 - Processo de validação

Além do teste formal, o sistema também foi apresentado aos acadêmicos das faculdades de Ciência da Computação e Engenharia de Software da instituição, que puderam manipular os componentes do sistema e tirar dúvidas sobre implementação de sistemas com o Kinect e desenvolvimento de Interfaces Naturais com o Usuário.

6.2 Elaboração do questionário

O modelo escolhido para a avaliação do sistema é o de questionário com perguntas fechadas apresentado na página 101. Após a sessão de uso, o questionário de avaliação foi fornecido aos profissionais e, após entregues, os resultados aqui apresentados foram tabulados e analisados.

O questionário aplicado, disponível em anexo, foi elaborado segundo os critérios para avaliação de software apresentados em (ABNT, 2003), com especial atenção nas diretrizes sobre usabilidade e ergonomia, conforme expressas em (ABNT, 2002). Ambas as normas

salientam a importância desse instrumento de avaliação e norteiam quais aspectos dos sistemas computacionais devem ser avaliados com maior cuidado. A norma ISO 9126 propõe certos atributos de qualidade e que constam no processo de avaliação do sistema aqui apresentado:

- **Funcionalidade:** As funcionalidades do *software* satisfazem as necessidades do usuário e são adequadas à ele;
- **Confiabilidade:** O *software* possui um nível de desempenho aceitável, mesmo em condições sub-ótimas;
- **Usabilidade:** O produto é atraente ao usuário e tem seu uso e aprendizado facilitados;
- **Eficiência:** O nível de desempenho do *software*, o tempo de execução e os recursos consumidos são compatíveis com o esperado;
- **Manutenibilidade:** O *software* pode ser aumentado, melhorado ou corrigido com relativa facilidade;
- **Portabilidade:** O sistema pode ser transferido de um ambiente para outro.

No que se refere à usabilidade do sistema, a ISO 9241-11 ainda cita outras características de prova e métricas que podem ser úteis na melhoria da experiência de uso de sistemas computacionais, estabelecendo determinadas medidas para propriedades desejáveis do produto de *software*, citando a eficácia, a eficiência do sistema, bem como a satisfação do usuário como atributos verificáveis e mensuráveis no processo de avaliação. A Figura 54 mostra a relação entre esses componentes.

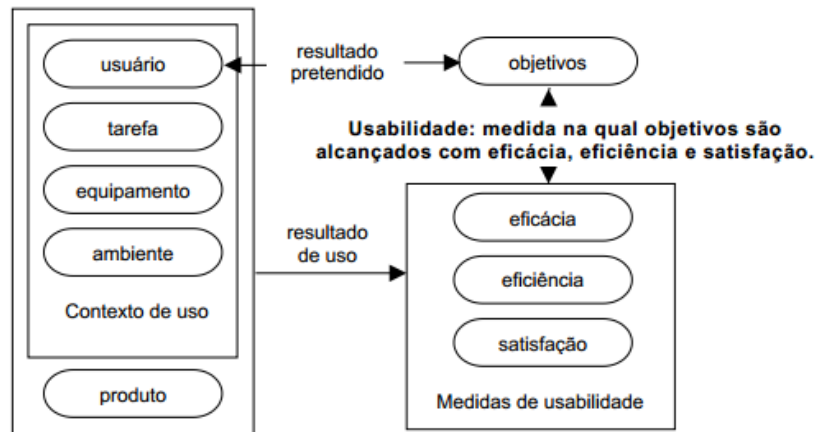


Figura 54 - Critérios de avaliação em usabilidade

Fonte: (ABNT, 2002)

6.3 Resultados

O questionário aplicado englobou os seguintes quesitos:

- **Usuário:** informações sobre a experiência prévia do usuário com jogos eletrônicos convencionais e com sensores, de maneira a estabelecer um perfil do modo como os avaliadores se relacionam com a tecnologia voltada para o entretenimento, além de estabelecer o grau de experiência que o avaliador possui com a faixa-etária para a qual o sistema se destina
- **Usabilidade:** questões sobre os quesitos que nortearam o desenvolvimento das interfaces do sistema: se elas são eficazes em comunicar o que fazem, se são eficientes e concisas;
- **Funcionalidades:** questões que buscam quantificar o quanto útil, preciso e correto é o sistema como ferramenta complementar à atuação do profissional avaliador;
- **Experiência de uso:** perguntas sobre o desempenho geral do *software* de acordo com o avaliador e da confiabilidade de seus módulos.

Dentre os usuários avaliadores, o número dos que estão familiarizados com dispositivos não-convencionais de interação com jogos eletrônicos, como o Kinect e o controlador do Nintendo Wii é levemente menor do que os que tem experiência com *joysticks* convencionais.

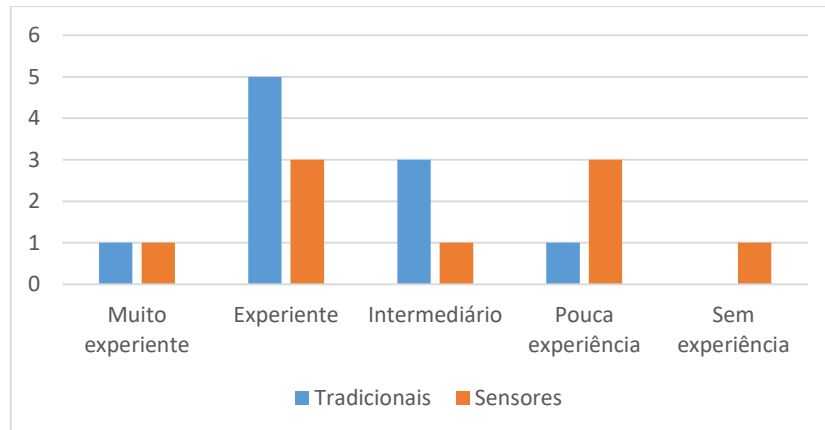


Figura 55 - Experiência dos avaliadores com jogos eletrônicos

No que se refere à Usabilidade do sistema, apenas um usuário encontrou dificuldade para selecionar uma atividade no menu sem ajuda, porém conseguiu realizar a tarefa quando instruído, conforme mostra a Figura 56.

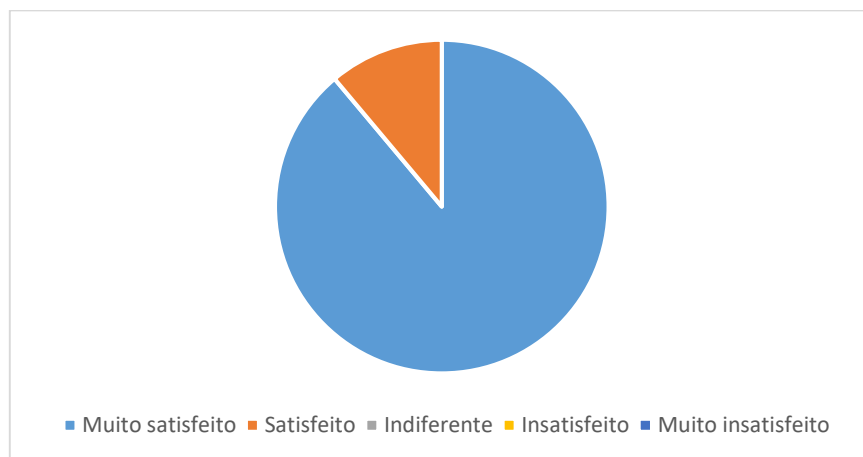


Figura 56 - Sucesso na seleção de atividades no menu

Já com as funcionalidades do sistema, um avaliador achou que o ritmo das atividades poderia ser mais intenso (questão 1 do grupo), antes de tomar conhecimento de que a velocidade das atividades pode ser controlada pelo profissional monitor e vai sendo aumentada na medida em que o usuário jogador vai se familiarizando com o sistema, de modo que a atividade ofereça sempre um novo desafio. Um dos avaliadores ficou confuso quanto ao significado de um aviso sonoro (questão 3 do grupo). O aviso foi trocado por um mais claro após a observação do avaliador.

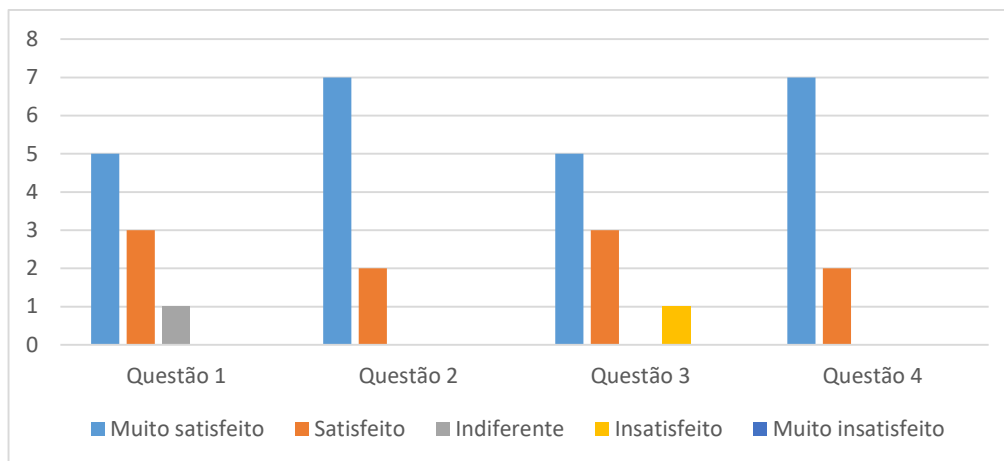


Figura 57 - Respostas para as funcionalidades do sistema

Já no quesito “Experiência geral de uso”, um dos avaliadores respondeu não ter como afirmar se utilizaria o sistema em sua prática cotidiana, devido ao custo de aquisição dos equipamentos e a falta de monitoramento do ritmo cardíaco do jogador. O mesmo avaliador apontou para a necessidade desse dado na geração dos gráficos, permitindo um acompanhamento mais embasado da evolução do jogador com o tempo.

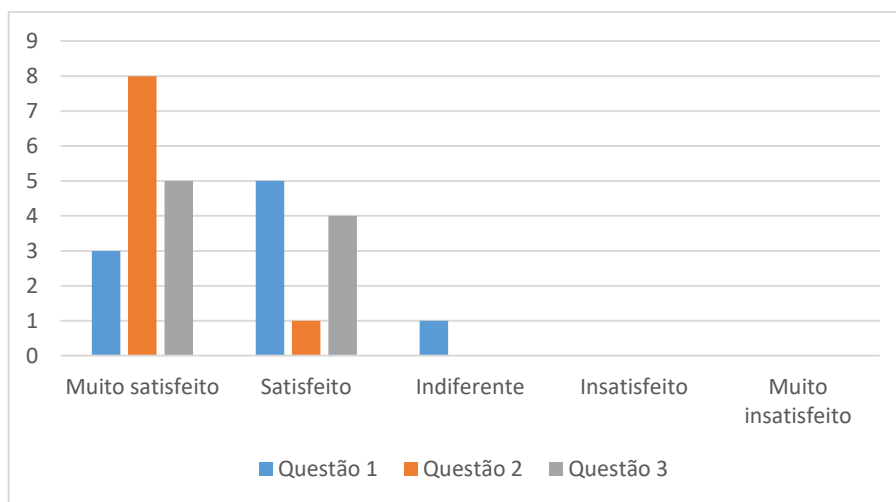


Figura 58 - Experiência geral de uso dos avaliadores

6.4 Considerações finais

No geral, o sistema apresentou uma aceitação significativa sobre o seu potencial como ferramenta de apoio ao tratamento da obesidade infantil, durante o processo de avaliação. A

escolha dos sons foi repensada para melhor refletir a ação sendo executada quando eles são tocados, de acordo com observações dos avaliadores

A medição do ritmo cardíaco do jogador pode ser efetuada por meio de sensores e pulseiras disponíveis comercialmente, porém, optou-se por deixar tal monitoramento como sugestão para trabalhos futuros devido à essa característica ser uma das novidades da versão 2.0 do Kinect, cujo kit de desenvolvimento será disponibilizado pela Microsoft para a comunidade em geral durante o segundo semestre de 2014.

A seguir, são apresentadas as conclusões gerais do projeto bem como sugestões para futuros trabalhos que tomem os dados aqui apresentados como base.

7. CONCLUSÕES

Em um cenário com um número crescente e cada vez mais precoce de jogadores cuja principal atividade de lazer é virtual, o desenvolvimento de softwares que promovam a integração de jogos de computador com atividades físicas – os *exergames* – certamente merece uma atenção maior tanto por parte dos desenvolvedores quanto por parte dos profissionais da saúde atentos à mudança de hábitos de vida de seus pacientes.

O presente trabalho propôs uma aplicação que explora o uso do sensor Kinect em atividades físicas cujo principal público é composto por crianças de sete a dez anos de idade, elaboradas com a supervisão de um profissional Educador Físico remotamente, por meio de uma interface de monitoramento implementada via *Webservice*, levando em consideração as especificidades fisiológicas dessa faixa etária buscando prover um ambiente lúdico de modo a tornar o uso do sistema uma experiência agradável para tais usuários, incentivando com isso o uso repetido do sistema, fundamental para a obtenção de resultados no tratamento de algumas das causas que levam a um quadro de obesidade infantil.

O sistema foi construído com três módulos: o Cliente, consistindo de um computador conectado à Internet fazendo uso de um sensor Kinect implementando um conjunto de atividades em Unity3D, operando em conjunto com SDK fornecido pela Microsoft, o *Webservice*, responsável pela persistência de dados, e uma interface de monitoramento construída com a linguagem PHP, permitindo o acesso de um profissional a esses dados.

Os dados sobre as atividades obtidos com o auxílio do Kinect, como duração das sessões, quantidade estimada de calorias e quantidade de pontos foram disponibilizados por meio de interface web à distância, implementando com sucesso o monitoramento remoto das estatísticas de uso do módulo Cliente pelo profissional responsável.

Os professores avaliadores que participaram do processo de validação do sistema relataram por meio do questionário que a ludicidade envolvida nas atividades torna as repetições mais divertidas e podem contribuir para a adesão a médio e longo prazo do público-alvo ao aplicativo.

A consultoria de um Educador Físico durante o desenvolvimento do sistema, fornecendo sugestões de atividades e supervisionando a implementação das mesmas, além de sugerir a quantidade de duração de cada sessão e nortear as estimativas de gastos calóricos por atividade, revelou-se de fundamental importância para a melhoria da qualidade do sistema

como um todo. Um exemplo de característica modificada a partir do feedback do especialista reside na ausência de atividades que envolvam pesos, previstas em versões iniciais do ambiente: para a faixa etária que o sistema pretende atingir, tais tipos de treino não são recomendados e podem, inclusive, comprometer o desenvolvimento da criança.

7.1 Trabalhos futuros

Como maneira de aperfeiçoar o sistema para trabalhos futuros, espera-se torná-lo compatível com a nova geração do Kinect, que foi lançada pela Microsoft no final de 2013. A versão para desenvolvedores do sensor, bem como as ferramentas de programação relacionadas foram anunciadas em junho de 2014 e devem estar disponíveis até o final do mesmo ano. Algumas características do novo sensor, como verificação da frequência cardíaca em tempo real e precisão aprimorada na captura de movimentos o tornam um equipamento ainda mais adequado às exigências de aplicações voltadas para treinamento e condicionamento físico, como a desenvolvida como fruto deste trabalho. Além disso, a combinação da versão atual do Kinect com dados biométricos advindos de dispositivos auxiliares, como frequencímetros e relógios inteligentes também fornece uma opção viável de monitoramento de tais informações. Espera-se ainda validar formalmente o sistema com o uso de crianças sendo acompanhadas a médio prazo por uma equipe multidisciplinar, composta também por pedagogos, visando atestar a eficácia das estratégias adotadas no sistema para aumentar a frequência de realização das atividades e atestar o impacto do uso do módulo Cliente a longo prazo no IMC de seus usuários.

7.2 Considerações finais

Devido às características especiais do seu público-alvo, percorridas durante a Revisão de Literatura, buscou-se, desde as etapas iniciais de planejamento do protótipo, aumentar o envolvimento do jogador por meio de alternativas lúdicas à repetição de movimentos característica das atividades físicas. As reações de descontração dos avaliadores durante o processo de validação do sistema e suas respostas e apontamentos nos questionários são indicativos do sucesso do sistema nesse quesito, mesmo levando em conta a ausência de testes oficiais com os usuários finais do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESO. **Diretrizes Brasileiras de obesidade**. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. Itapevi, p. 85. 2009/2010.

ABNT. **ISO 9241-11: Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores Parte 11 - Orientações sobre Usabilidade**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasília. 2002.

ABNT. **NBRISO/IEC9126-1 Engenharia de software - Qualidade de produto - Parte 1: Modelo de qualidade**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasília. 2003.

AINSWORTH, B. E. et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, Minneapolis, v. 25(1), p. 71-80, February 1993.

ALVES, J. G. B. et al. Efeito do exercício físico sobre peso corporal em crianças com excesso de peso: ensaio clínico randomizado em uma favela do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, n. Sup. 2, p. S353-S359, 2008.

ARAÚJO, R. A.; BRITO, A. A.; SILVA, F. M. O papel da educação física escolar diante da epidemia da obesidade em crianças e adolescentes. **Educação Física em Revista**, São Paulo, v. 4, n. 2, mai-ago 2010.

BARBOSA, S. D. J.; SILVA, B. S. **Interação humano-computador**. São Paulo: Elsevier, 2010.

BASTOS, A. P. Z. et al. Utilização de um Jogo Séri e Naïve Bayes para Auxiliar na Avaliação Cognitiva do Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade. **Anais do 23º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2012)**, Rio de Janeiro, 2012.

BEZERRA, E. **Princípios de análise e projeto de sistemas com UML**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

BLAKE, J. **Natural User Interfaces in .Net**. [S.l.]: Manning Publications Company, v. 1, 2013.

BOTELLA, C. Treating cockroach phobia using a serious game on a mobile phone and augmented reality exposure: A single case study. **Computers in Human Behavior**, v. 27, n. 1, p. 217-227, janeiro 2011.

BOULOS, M.; KAMEL, N. Xbox 360 Kinect Exergames for Health. **Games for Health Journal: Research, Development, and Clinical Applications**, v. 1, n. 5, p. 326-330, 2012.

BRASIL - CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. BAltera dispositivos da Resolução CONTRAN nº 168, de 14 de dezembro de 2004. Resolução nº 435 de 20 de Fevereiro de 2013, p. 71, fev. 2013.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Do Relacionamento com a Sistemática da Educação Nacional. Decreto no 69.450, de 1 de novembro de 1971. **Diário Oficial da União**, 01 nov. 1971.

CARDOSO, A.; LAMOUNIER JR, E. A Realidade Virtual na Educação e Treinamento. **Livro do pré-simpósio VII Symposium on Virtual Reality**, Porto Alegre, p. 304-313, 2006.

CARDOSO, G. S. **Criando aplicações interativas com o Microsoft Kinect**. 1. ed. São Paulo: Casa do Código, 2013.

CLARK, R. Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. **Gait & Posture**, v. 36, p. 372-377, 2012.

CONNELLY, T. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. **Computers and Education**, v. 59(2), p. 661-686, september 2012.

COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS. Strength Training by Children and adolescents. **American Academy of Pediatrics - Pediatrics**, v. 121, n. 4, p. 835-840, april 2008.

COWAN, B.; SABRI, H. A serious game for total knee arthroplasty procedure, education and training. **Journal of CyberTherapy and Rehabilitation**, p. 285–298, mar. 2010.

CREIGHTON, R. H. **Unity 3D Game Development by example**. Mumbay: PAKT, v. 1, 2010.

CYBIS, W.; BETIOL, A. H.; FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, métodos e aplicações**. 2ª. ed. São Paulo: Novatec, 2010.

DIPIETRO, L.; SABATINI, A. M.; DARIO, P. A Survey of Glove-Based Systems and Their Applications. **IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics – Part C: Applications and Reviews**, v. 38, n. 4, p. 461-482, julho 2008.

ECMA INTERNATIONAL. **Standard ECMA-404 - The JSON Data Interchange Format**. Ecma International. Geneva, p. 14. 2013.

ESA. **2013 sales, demographics and data: Essential facts about the computer and videogame industry**. Entertainment Software Association. [S.l.]. 2013.

FERROLI, P. et al. Brain Surgery in a Stereoscopic Virtual Reality Environment: A Single Institution's Experience with 100 cases. **Operative Neurosurgery**, v. 67, p. 79-84, september 2010.

FREITAS, D. Development and Evaluation of a Kinect Based Motor Rehabilitation Game. **Proceedings of the 2012 SBGAMES**, Brasília, p. 144-153, 2012.

GALLARDO, J. S. P.; OLIVEIRA, A.; ARAVENA, C. J. O. **Didática de Educação Física - A criança em movimento**. 1. ed. São Paulo: FTD, v. 1, 1998.

GAMITO, P. et al. Serious Games for Serious problems: from Ludicus to Therapeuticus. In: KIM, J. **Virtual Reality**. New York: InTech, Publishing, 2011.

GILES, J. Inside The Race To Hack The Kinect. **New Scientist**, novembro 2010. Disponível em: <<http://bit.ly/1cLhw4r>>. Acesso em: janeiro 2014.

GLOBO. Kinect entra para o Guinness como o aparelho eletrônico de comercialização mais rápida da história. **Globo Economia Digital e Mídia.**, 2011. Disponível em: <<http://glo.bo/1hnxJtV>>. Acesso em: janeiro 2014.

GÖBEL, S. et al. Serious Games for health - Personalized Exergames. **Proceedings of the international conference on Multimedia**, New York, p. 1663-1666, 2010.

GOLDSTONE, W. **Unity Game Development Essentials**. Mumbay: PACKT publishing, 2009.

GONZÁLEZ, A.; HAYASHIBE, M.; FRAISSE, P. Estimation of the Center of Mass with Kinect and Wii balance board. **IROS12: International Conference on Intelligent Robots and Systems.**, Portugal, 2012.

GRAAFLAND, M.; SCHRAAGEN, J. M.; SCHIJVEN, M. P. Systematic review of Serious Games for medical education and surgical skills training. **British Journal of Surgery**, v. 99, p. 1322-1330, 2012.

HASSAN, M. M. et al. A cloud-based serious game framework for obesity. **CBMAS-EH 12**, Nara, Japan, p. 15/20, November 2012.

JEZERNIK, A.; HREN, G. A solution to integrate computer-aided design (CAD) and virtual reality (VR) databases. **Design and manufacturing processes**, v. 22, n. 11-12, p. 768-74, 2003.

JOHNSON, S. **Cultura da Interface**: como o computador transforma nossa maneira de criar e comunicar. 1. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 2001.

JUSTIN, A.; SEAR, J.; OIKONOMOU, A. An investigation of the effects of game difficulty on player enjoyment. **Entertainment Computing**, v. 4, p. 53-62, 2013.

KAWAMOTO, A. L. S.; SILVA, F. S. C. Utilização de Dispositivos de Interfaces Naturais de Usuário em Aplicações de Realidade Aumentada. **Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada**, v. 3, p. 75-88, maio 2013.

KIM, J. Unsupervised Virtual Reality-Based Exercise Program Improves Hip Muscle Strength and Balance Control in Older Adults: A Pilot Study.. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 94, p. 937-943, 2013.

KIRNER, C. Apostila do ciclo de palestras de Realidade Virtual. **Atividade do projeto AVVIC-CNPq (Protem - CC - Fase III)**, São Carlos, outubro 1996. 1-10.

KIRNER, C. Evolução da Realidade Virtual no Brasil. **X Symposium on Virtual and Augmented Reality**, Porto Alegre, v. 1, p. 1-11, 2008.

KRESS, B.; STARNER, T. A review of head-mounted displays (HMD) technologies and applications for consumer electronics. **Proceedings of the International Society for Optics and Photonics - Photonic Applications for Aerospace, Commercial, and Harsh Environments**, v. 8720, n. IV, may 2013.

LATTA, J. N.; OBERG, D. J. A conceptual virtual reality model. **IEEE Computer Graphics & Applications**, p. 23-29, janeiro 1994.

LOPES, P.; PRADO, S. R. D. A.; COLOMBO, P. Fatores de Risco associados à obesidade e sobrepeso em crianças em idade escolar, Brasília, v. 63(1), p. 73-8, jan-fev 2010.

MACHADO, L. D. S. A Realidade Virtual no Modelamento e Simulação de procedimentos invasivos em Oncologia Pediátrica: Um estudo de caso no transplante de medula óssea. Tese de Doutorado. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2003. 116.

MACHADO, L. D. S. Serious Games para Saúde e Treinamento Imersivo. **Abordagens práticas de realidade virtual e aumentada: livro dos minicursos SVR 2009**, Porto Alegre, v. 1, p. 31-60, 2009.

MACHADO, L. D. S.; CARDOSO, A. Dispositivos de Entrada e Saída para Sistemas de Realidade Virtual. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - Livro do pré-simpósio VII Symposium on Virtual Reality**, Porto Alegre, 2006. 39-50.

MEDEIROS, D. C.; RIBEIRO, M. W. S. O Uso de Realidade Virtual não-imersiva como instrumento de auxílio no tratamento da aviofobia. **Anais do Workshop de Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada**, Itumbiara, v. 1, 2007.

MEDINA, E.; FRULAND, R.; WEGHORST, S. Virtusphere: Walking in a Human Size VR "Hamster Ball". **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 3, p. 2102-2106, 2008.

MELLO, E.; LUFT, V.; MEYER, F. Obesidade Infantil: como podemos ser eficazes? **Jornal de Pediatria - Sociedade Brasileira de Pediatria**, São Paulo, v. 80, n. 3, 2004.

MICROSOFT. **Kinect for windows – Human Interface Guidelines v1.8**. [S.l.]: [s.n.], 2013. Disponível em: <<http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=247735>>. Acesso em: outubro 2013.

MICROSOFT CORPORATION. **Kinect for Windows SDK documentation**. [S.l.]: [s.n.], 2012. Disponível em: <<http://bit.ly/1jnYO0q>>. Acesso em: janeiro 2014.

MILES, R. **Learn Microsoft Kinect API**. Sebastopol: O'Reilly, 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **VIGITEL - Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por Inquérito Telefônico 2012**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, DF. 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **VIGITEL - Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por Inquérito Telefônico 2013**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, DF. 2014.

MORAES, R.; MACHADO, L. D. S. Serious Games para Educação Matemática. **Anais do Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional**, v. 2, p. 1067-1072, 2009.

MORAIS, A. M. **Planejamento e desenvolvimento de um Serious Game voltado ao ensino de saúde bucal em bebês (dissertação de Mestrado)**. UFP - Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, p. 148. 2011.

MUÑOS, J. E.; VILLADA, J. F.; TRUJILLO, G. Exergames: una herramienta tecnológica para la actividad física. **Revista Médica de Risaralda**, Agosto 2013.

NARAYANASAMY, V. et al. Distinguishing games and simulation games from simulators. **Computers in Entertainment (CIE)**, New York, 2006.

NETTO, A.; MACHADO, L. Realidade Virtual – Definições, Dispositivos e Aplicações. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica. Publicação da Sociedade Brasileira de Computação**, v. 2, n. 1, 2002.

OPENKINECT. **OpenKinect protocol Specification**. [S.l.]: [s.n.], 2014. Disponível em: <<http://bit.ly/1e64FIE>>. Acesso em: janeiro 2014.

PAGE, R. Brief history of Flight Simulation. **R.L. Page and Associates**, 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/1cQCb1N>>. Acesso em: outubro 2013.

PEREIRA, A. B. C. Um Sistema Fuzzy para Geração de tarefas de ensino de leitura e escrita em um jogo digital (dissertação de Mestrado). **Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Exatas e Naturais. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação**, Belém, p. 72, 2012.

PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. **Virtual Reality - through the new looking glass**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

PINHO, M. S. Realidade Virtual - Tato e Força. **Material complementar da disciplina “Tópicos especiais em Computação Gráfica” da FACIN - PUCRS**, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<http://bit.ly/1m7L9Qx>>. Acesso em: janeiro 2014.

POGOLOTTI, J.-D. A PHP class oriented framework designed to create anti-aliased charts. **PCHART**, 2014. Disponível em: <<http://bit.ly/1kMBmKh>>. Acesso em: june 2014.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de Interação: além da interação homem-computador**. São Paulo: Bookman, 2005.

RAKOCZY, H. Play, Games, and the Development of Collective Intentionality. **New directions for child and adolescent development**, v. 115, p. 53-67, 2007.

ROBINETT, W. Interactivity and Individual Viewpoint in Shared Virtual Worlds: The Big Screen vs. Networked Personal Displays. **Computer Graphics**, v. 28(2), p. 127, 1994.

ROTHMAN, B. Kinect and your kids: What works, what won't. **Digital home on NBC news**, october 2010. Disponível em: <<http://nbcnews.to/1lQWQdC>>. Acesso em: maio 2014.

SANTOS, J. V. S. Physioplay: Um exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do Kinect® como biofeedback visual. **WRVA 2012**, Paranaíba, 2012.

SBP. **Obesidade na infância e adolescência - Manual de Orientação**. Sociedade Brasileira de Pediatria - Departamento de Nutrologia. São Paulo, p. 116. 2008.

SHOTTON, J. et al. **Real-Time Human Pose Recognition in Parts from a Single Depth Image**. [S.l.]: [s.n.], 2011. Disponível em: <<http://bit.ly/1ir8zNX>>. Acesso em: fevereiro 2014.

SILVA, L. F. **Associando realidade virtual não-imersiva e ferramentas cognitivas para o ensino de física (dissertação de Mestrado)**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

SINGH, P.; DARZI, A. Surgical training. **British Journal of Medicine**, v. 100, n. (S6), p. 19-21, june 2013.

SMALLWOOD, S. R. et al. Physiologic Responses and Energy Expenditure of Kinect Active Video Game Play in Schoolchildren. **Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine**, v. 166(11), p. 1005-1009, november 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. **Obesidade na Infância e Adolescência - Manual de Orientação**. Sociedade Brasileira de Pediatria - Departamento de Nutrologia. São Paulo, p. 116. 2008.

- SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. 6. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2003.
- SUTHERLAND, I. The Ultimate Display. **Proceedings of IFIP Congress**, p. 506-508, 1965.
- TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de Realidade Virtual. **Fundamentos e tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada - Livro do pré-simpósio VIII Symposium on Virtual Reality**, Belém, maio 2006. 2-21.
- TORRES, R. S.; NUNES, F. Aplicando aspectos lúdicos de Serious Game em treinamento médico: revisão sistemática e implementação. **XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality**, Uberlândia, v. 1, p. 1-8, 2011.
- TURNER, J. Myron Krueger live. **Ctheory**, janeiro 2002. Disponível em: <<http://bit.ly/1bnsaIH>>. Acesso em: outubro 2013.
- UNIFY COMMUNITY. SimpleJSON. **Unity User Community**, november 2013. Disponível em: <<http://wiki.unity3d.com/index.php/SimpleJSON>>. Acesso em: maio 2014.
- UNITY 3D. **Microsoft Kinect - Microsoft SDK**. [S.l.]: [s.n.], 2013. Disponível em: <<http://bit.ly/1kSrmUn>>. Acesso em: dezembro 2013.
- VAGHETTI, C. A. O.; SPEROTTO, R. I.; BOTELHO, S. S. D. C. **Cultura digital e Educação Física**: problematizando a inserção de Exergames no currículo. **Proceedings do SBGames**. Florianópolis: [s.n.]. 2010. p. 61-67.
- VASCONCELOS, E. A Serious Game for Exploring and Training in Participatory Management of National Parks for Biodiversity Conservation: Design and Experience. **VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment**, Rio de Janeiro, p. 53-60, 2009.
- VERTEGAAL, R.; POUPYREV, I. Organic User Interfaces: Introduction. **Communications of the ACM**, v. 51(6), p. 26-30, june 2008.
- VON SCHWEBER, L.; VON SCHWEBER, E. Cover story: Realidade Virtual. **PC Magazine Brasil**, São Paulo, v. 5, n. 6, p. 50-73, junho 1995.
- WHO. Obesity: preventing and managing the global epidemic. **World Health Organization Obesity Technical Report Series**, Geneva, 2000. 256.
- WIGDOR, D.; WIXON, D. **Brave NUI World**: designing user interfaces for touch and gesture. 1. ed. New York: Elsevier, 2011.
- WILLIAMS, N. F.; GERMAIN, J. Fitness in disguise. **Journal of Physical Education, Recreation and Dance**, v. 79, n. 07, p. 35-39, set. 2008.
- YOUNG, L.; NESTLE, M. The contribution of expanding portion sizes to the US obesity epidemic. **American Journal of Public Health**, v. 92, p. 246-249, fev. 2002.
- YOUNGER, P. Oculus Rift second dev kit confirmed - Consumer version late 2014. **IncGamers.com**, 2014. Disponível em: <<http://bit.ly/liOtwou>>. Acesso em: novembro 2013.
- ZHOU, N.-N.; DENG, Y.-L. Virtual Reality: A State-of-the-art survey. **International Journal of Automation and Computing**, v. 6(4), p. 319-325, november 2009.

ANEXO 1

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO AKTIVE

AVALIADOR: _____				
Idade:	() 18 – 25 anos	() 25 – 30 anos	() 30 – 40 anos	() 40 anos ou +

Assinale a opção que melhor expressa sua opinião

		Muito experiente	Experiente	Intermediário	Pouca experiência	Sem experiência
USUÁRIO	1 – Você tem experiência com algum tipo de jogo eletrônico com controles convencionais (<i>joystick</i> , teclado e mouse)					
	2 – Você tem experiência com algum tipo de jogo eletrônico com controles não-convencionais (Kinect, Wii, Realidade Virtual)					
	3 – Você possui experiência com crianças na faixa etária entre sete e dez anos de idade					
	4 – Você possui experiência com algum sensor/aplicativo de acompanhamento de atividades físicas (<i>fuelband</i> , sensor de pulso, pedômetro, aplicativos para celular como Runkeeper)					

		Muito satisfeito	Satisfeito	Indiferente	Insatisfeito	Muito insatisfeito
USABILIDADE	1 – Você conseguiu selecionar a atividade desejada no menu					
	2 – Você acha que uma criança de sete a dez anos de idade consegue selecionar uma atividade no menu					
	3 – As informações da tela são legíveis e permitem entender o funcionamento do sistema					
	4 – A velocidade de resposta do sistema aos seus gestos é aceitável					

		Muito satisfeito	Satisfeito	Indiferente	Insatisfeito	Muito insatisfeito
FUNCIONALIDADE	1 – As atividades fazem com que o gasto energético do usuário seja compatível com algum tipo de atividade física leve ou moderada					
	2 – O modo como as atividades são apresentadas ao usuário torna as atividades mais divertidas					
	3 – A música e os sons gerados pelo sistema ajudam na realização das atividades propostas					
	4 – O tempo de duração da atividade é suficiente para que ela não se torne enfadonha					

		Muito satisfeito	Satisfeito	Indiferente	Insatisfeito	Muito insatisfeito
EXPERIÊNCIA DE USO	1 – Você incorporaria o sistema na sua prática profissional?					
	2 – O sistema gera resultados equivalentes aos esperados, principalmente na estimativa de gasto calórico por atividade?					
	3 – Os gráficos gerados pelo sistema são úteis no acompanhamento das atividades realizadas?					

Comentários / sugestões:

ANEXO 2

RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS

Informações sobre o usuário

	Muito experiente	Experiente	Intermediário	Pouca experiência	Sem experiência
Questão 1	1	5	3	1	-
Questão 2	1	3	1	3	1
Questão 3	1	2	1	2	3
Questão 4	1	5	2	1	-

Questões de Usabilidade

	Muito satisfeito	Satisfeito	Indiferente	Insatisfeito	Muito insatisfeito
Questão 1	7	2	-	-	-
Questão 2	5	4	-	-	-
Questão 3	8	1	-	-	-
Questão 4	9	-	-	-	-

Funcionalidades do sistema

	Muito satisfeito	Satisfeito	Indiferente	Insatisfeito	Muito insatisfeito
Questão 1	5	3	1	-	-
Questão 2	7	2	-	-	-
Questão 3	5	3	-	1	-
Questão 4	7	2	-	-	-

Experiência de uso do avaliador

	Muito satisfeito	Satisfeito	Indiferente	Insatisfeito	Muito insatisfeito
Questão 1	3	5	1	-	-
Questão 2	8	1	-	-	-
Questão 3	5	4	-	-	-

ANEXO 3

Game Bible

AKTIVE

SERIOUS GAME NO TRATAMENTO DE OBESIDADE INFANTIL: UMA PROPOSTA DE AMBIENTE VIRTUAL COM MONITORAMENTO REMOTO

Esse documento busca retratar as etapas de planejamento e desenvolvimento do módulo Cliente do Aktive, uma proposta de sistema que implementa um conjunto de minijogos destinados a estimular a movimentação e a prática de atividades físicas em crianças com algum nível de sobrepeso.

1. Histórico do projeto

- Planejar o desenvolvimento de um *Serious Game* voltado às crianças com sobrepeso, estimulando, por meio de recursos lúdicos, a prática de determinadas atividades físicas simples;
- Buscar orientação profissional de modo a compreender as especificidades e limitações do público-alvo
- Com base em tais especificidades, definir o equipamento e sensores a serem utilizados na detecção de movimentos;
- Com o auxílio do profissional da área, definir quais são as atividades físicas mais apropriadas para a faixa-etária do trabalho;
- Definir um nome e uma identidade visual para o sistema;
- Modelar e animar avatares e representações tridimensionais de personagens e objetos cativantes.
- Definir a quantidade de atividades a serem implementadas no protótipo
- Implementar, testar e validar as atividades do protótipo

2. Resumo do projeto

2.1 Conceito do jogo

O Objetivo do Módulo Cliente do sistema Aktive é propiciar a crianças de sete a dez anos de idade com problemas de sobrepeso, um ambiente lúdico que estimule a realização de um conjunto de atividades físicas aeróbicas adequadas à faixa etária, sob a supervisão remota de um profissional tendo acesso a informações de biometria de um conjunto de jogadores pela internet.

2.2 Conjunto de características

As atividades disponíveis para o jogador farão uso de animações, gráficos, sons e músicas de modo a incentivar o uso repetido do sistema.

A interação do jogador com o aplicativo será feita através de um sensor Kinect conectado a seu computador já devidamente instalado por um adulto/monitor. A interface do sistema será projetada para ser clara, aumentando a legibilidade das informações na tela mesmo por crianças menores e, ainda, diminuindo a carga computacional.

2.3 Gênero

O Aktive é uma coletânea de minijogos – atividades interativas de curta duração e objetivos simples e específicos.

2.4 Público-alvo

Crianças de sete a dez anos alfabetizadas de ambos os sexos, com algum problema de sobrepeso e restrição à execução de atividades físicas ao ar livre ou em espaços sociais adequados a essa faixa-etária.

2.5 Resumo do fluxo de jogo

O usuário efetuará o *login* no sistema por meio de uma interface apropriada fazendo uso do teclado e do *mouse*. Nesse ponto, o Kinect já deverá estar ligado e funcionando corretamente, e o computador deverá possuir uma conexão com a Internet para comunicação com os demais módulos do sistema. Após o *login*, o usuário será instruído a interagir com o sistema por meio de gestos. Será exibida uma tela de seleção de atividades, onde ele escolherá o minijogo desejado dentre os disponíveis e desbloqueado. Para o protótipo, serão implementados cinco minijogos compreendendo um conjunto de atividades aeróbicas simples.

Após a seleção, será exibida uma tela com os gestos a serem utilizados como controles na atividade e esta será iniciada. Ao final da atividade, o placar, o tempo de duração e a estimativa de queima calórica serão enviados ao servidor para fins de persistência e o usuário será levado de volta à tela de escolha de atividades.

2.6 Estímulos sensoriais

Além dos estímulos visuais, o sistema contará com sons que indicam se as ações foram executadas com sucesso ou não, e músicas com ritmos estimulantes para cada atividade.

2.7 Escopo do projeto

O protótipo apresentará cinco atividades no total, com níveis variáveis de dificuldade.

3. Jogabilidade e mecânica

As atividades constituintes do protótipo, os gestos de controle e seus objetivos respectivos estão apresentadas na tabela abaixo.

Atividade	Tipo	Objetivos	Gestos de controle
Tiro ao alvo	Aeróbica / Orientação Espacial	Pegar uma série de objetos arremessados contra o avatar do jogador em posições específicas da tela	Desviar Esticar braços Esticar pernas
Pula-corda	Aeróbica	Pular no ritmo imposto pela corda e personagens não-controláveis	Pular
Vivo ou morto	Aeróbica / Reflexos	Imitar um personagem não-controlável, se abaixando ou levantando conforme instruções	Abaixar Levantar
Pega-fruta	Aeróbica/ Reflexos	Pegar uma série de objetos que aparecem na tela, pulando ou se abaixando quando necessário, dentro do limite de tempo	Pular Abaixar Esticar braços
Infla balão	Aeróbica/ Abdominal	Flexionar o corpo em um determinado ritmo, de modo a inflar um balão virtual	Flexionar Alongar

As atividades ocorrem durante um intervalo predeterminado, calculado para não causar desconforto por repetição excessiva de um mesmo gesto ou fadiga.

4. Enredo, universo e personagens

4.1 Enredo

O jogo não contará com um enredo definido, porém usará o mesmo conjunto de avatares em todas as atividades, de modo a transmitir uma sensação de unidade e coerência no ambiente virtual.

4.2 Personagens

O sistema não apresenta personagens humanos. Em vez disso, o avatar e os personagens não-controláveis são animais antropomorfizados de modo a aumentar o engajamento com crianças de diferentes idades e tipos físicos.

O design de personagens busca criar empatia com os avatares, utilizando conceitos advindos do universo cognitivo da criança. A seguir são mostrados o avatar principal do jogo, um coelho vestindo trajes esportivos, e um secundário.



4.3 Cenários

Os cenários apresentam a área de jogo e os objetos virtuais relacionados à atividade sendo executada. O número de objetos em cena é reduzido para que o jogador não perca o foco durante a realização da atividade. Nos cantos da tela são exibidas informações pertinentes, como pontuação, tempo e queima calórica. Isso fica evidente na imagem a seguir, da atividade “pega-frutas”



5. Projeto técnico

5.1 Equipamento-alvo

Computadores pessoais com placa aceleradora 3D, executando o Sistema Operacional Windows (7 ou 8), equipados com o sensor Kinect e seus *drivers*.

5.2 Ambiente de desenvolvimento

Notebook Dell Inspiron 7520 com processador Intel Core i7 2.20 GHz, 8GB de memória RAM 1TB de armazenamento permanente e placa de vídeo AMD Radeon HD 7730M com 2GB de memória de vídeo dedicada, executando Sistema Operacional Windows 8.1

5.3 Linguagens de programação

Os scripts do módulo Cliente foram escritos em C#, com comunicação com o servidor ocorrendo por meio de requisições no formato JSON.

5.4 Motor de Jogo

O módulo Cliente do sistema será desenvolvido utilizando-se o Unity 3D versão 4.2.1. A integração com o hardware será feita por meio do Kit de desenvolvimento oficial do Kinect e o *wrapper* para Unity, disponibilizados pela Microsoft.

OBS: Posteriormente ocorreu a migração do sistema para a versão 4.3.1, devido a limitações da versão anterior no suporte às animações importadas do Blender.

5.4 Licença

Todos os módulos do sistema serão disponibilizados gratuitamente.

6. Equipe

A equipe de desenvolvimento do sistema é formada por:

- Marcio Rubens Sousa Santos
- Edgard Afonso Lamounier Jr.
- Everton Silva Borges (consultoria / Educação Física)