

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

*Jan Victor Soares Santos*

**PHYSIOPLAY: UM EXERGAME PARA REABILITAÇÃO FÍSICA  
APLICANDO A INTERATIVIDADE DO KINECT® COMO  
BIOFEEDBACK VISUAL**

Alfenas, 04 de abril de 2013.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**PHYSIOPLAY: UM EXERGAME PARA REABILITAÇÃO FÍSICA  
APLICANDO A INTERATIVIDADE DO KINECT® COMO  
BIOFEEDBACK VISUAL**

*Jan Victor Soares Santos*

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em  
Ciência da Computação da Universidade Federal de  
Alfenas como requisito parcial para obtenção do Título de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof.Dr. Paulo Alexandre Bressan

Alfenas, 04 de abril de 2013.



*Jan Victor Soares Santos*

**PHYSIOPLAY: UM EXERGAME PARA REABILITAÇÃO FÍSICA  
APLICANDO A INTERATIVIDADE DO KINECT® COMO  
BIOFEEDBACK VISUAL**

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Alfenas.

---

**Prof. Dr. Leonardo César Carvalho**  
**Universidade Federal de Alfenas**

---

**Prof. Dr. Luiz Eduardo da Silva**  
**Universidade Federal de Alfenas**

---

**Prof. Dr. Paulo Alexandre Bressan (Orientador)**  
**Universidade Federal de Alfenas**

Alfenas, 04 de abril de 2013.



# AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que estiveram envolvidos e fizeram-me chegar até aqui nessa longa passagem por Alfenas. Agradeço aos meus pais, Jaqueson e Elizabeth, por ouvirem tantas reclamações de um aspirante a Designer Gráfico, que foi se aventurar no campo dos algoritmos, e ainda restam fôlegos para os dois me guiarem nos percalços que restam.

Agradeço imensamente a minha irmã Janaina por me aturar todos esses anos e por todas as ligações na tarde da noite, me auxiliando nas tarefas... E a todos os meus familiares que contribuíram, mesmo que indiretamente, no meu trabalho.

Gostaria de agradecer também ao Prof. Dr. Paulo Alexandre Bressan pela orientação, amizade e puxões de orelha no decorrer deste trabalho e junto com os professores Valdemar Paffaro Junior, Mariane Moreira de Souza e Humberto César Brandão de Oliveira que em algum momento acreditaram no meu potencial para embarcar nos projetos que desempenhei.

Aos professores da banca pela avaliação do trabalho e as reflexões mencionadas e o pessoal do curso de Fisioterapia da Unifal-MG que trabalhou em conjunto.

Aos demais professores da Ciência da Computação da Unifal-MG pelo tempo disposto e os ensinamentos que adquiri e à todos os amigos que passaram pelo LP&D junto com as noites de pizza, em especial Guilherme de Oliveira Santos, Hiago Borges de Oliveira, Douglas Donizeti de Castilho Braz, Tiago Silveira e Thaís Ashcar.

E não poderia de agradecer também aos amigos que passaram pela república e aos amigos adquiridos em Alfenas, Rafael Rodrigues Martins, Danilo Nocera, Rômulo Campos, Matheus Viana, Neubio Ferreira, Leandro Flora, Edgar Franco, Robson Mendes, Guilherme Zampieri, Alexander Rodrigues. E aos amigos de São Paulo e a todos que ainda passam, passaram ou repassaram na minha vida!



"O futuro não pode ser previsto, mas pode ser inventado. É a nossa habilidade de inventar o futuro que nos dá esperança para fazer de nós o que somos."

Dennis Gabor



# RESUMO

Os ambientes virtuais que possibilitam a interação física do jogador ganham cada vez mais espaço na reabilitação. Os *exergames*, termo usado para jogos de videogame utilizados como forma de exercícios físicos, são ferramentas promissoras para o estímulo e incentivo de exercícios dentro da reabilitação de pessoas com alguma alteração neuromotora. O presente estudo objetivou desenvolver um ambiente virtual interativo com biofeedback visual, associado à captura do movimento do corpo efetuado com auxílio do sensor Kinect® para auxiliar o paciente na manutenção de uma postura correta e na realização de exercícios estimulantes e desafiadores.

**Palavras-Chave:** *exergames*; dispositivo de captura de movimento; realidade virtual; reabilitação física; *biofeedback* visual.



## ABSTRACT

The physical interaction in virtual reality has been increasingly used in rehabilitation. The exergames, the term used for video games used as a form of exercise, are promising tools for the stimulation and encouragement of exercise in the rehabilitation of people with some neuromotor disability. This study aimed to develop an interactive virtual reality with visual biofeedback, coupled with the capture of body motion sensor. The Kinect® sensor are used to assist the patient in maintaining a correct posture and stimulate the exercises.

**Keywords:** exergames; device motion capture; virtual reality; physical rehabilitation; visual biofeedback.



# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FASES DA CAPTURA DO SENSOR DE MOVIMENTO, A PARTIR DO POSICIONAMENTO FRONTAL AO DISPOSITIVO (A), PROJEÇÃO E CAPTURA DO INFRAVERMELHO (B) E INTERPRETAÇÃO DO MAPA DE PROFUNDIDADE COM IDENTIFICAÇÃO DO CORPO HUMANO (C). .....	28
FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO DOS PONTOS VITAIS DE RECONHECIMENTO DO CORPO HUMANO PELO SENSOR KINECT®, IMAGEM BASEADA NA DOCUMENTAÇÃO MICROSOFT® RESEARCH (2011) ....	29
FIGURA 3 – MOVIMENTOS REALIZADOS NOS EXERCÍCIOS PARA O TRATAMENTO DE ESCOLIOSE.....	35
FIGURA 4 – <i>PRINTSCREEN</i> DO JOGO PHYSIOPLAY REALÇANDO O CENÁRIO. ....	37
FIGURA 5 – <i>PRINTSCREEN</i> DO JOGO PHYSIOPLAY DEMONSTRANDO A PONTUAÇÃO.....	40
FIGURA 6 – NÍVEIS DE INTERAÇÃO ENTRE AS CAMADAS DE PROCESSAMENTO DESDE A CAPTURA PELO SENSOR ATÉ AS OPERAÇÕES GRÁFICAS, BASEADA NA DOCUMENTAÇÃO DO OPENNI (2010). .....	41
FIGURA 7 – PROCESSO DE CAPTURA DAS POSIÇÕES TRIDIMENSIONAIS, COM BASE NOS PONTOS VITAIS DO PSEUDO-ESQUELETO DO USUÁRIO, (A) POSIÇÃO DO USUÁRIO A FRENTE DO SENSOR, (B) IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS E (C) POSICIONAMENTO TRIDIMENSIONAL DO PONTO REFERENTE A MÃO DIREITA DO USUÁRIO. ....	42
FIGURA 8 – <i>PRINTSCREEN</i> DO SOFTWARE 3DS MAX ONDE FORAM DESENVOLVIDOS OS MODELOS GRÁFICOS .....	45
FIGURA 9 – MODELOS GRÁFICOS DESENVOLVIDOS PARA O PHYSIOPLAY.....	46
FIGURA 10 – NÍVEIS DE INTERAÇÃO ENTRE AS CAMADAS DE PROCESSAMENTO E SUAS SUB-ROTINAS, BASEADA NA DOCUMENTAÇÃO DO OPENNI (2010). ....	49
FIGURA 11 – <i>BIOFEEDBACK</i> VISUAL DO ÂNGULO NO MOVIMENTO CORRETO (A) E INADEQUADO (B), ILUSTRAÇÃO DO CALCULO NECESSÁRIO PARA SABER O DESVIO (C). ....	54
FIGURA 12 – DETALHE DA CAIXA ALCANÇANDO DUAS POSIÇÕES DA PONTUAÇÃO DO JOGO.....	55



# LISTA DE ABREVIACÕES

2D	Bidimensional ou em duas dimensões
3D	Tridimensional ou em três dimensões
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
DLL	<i>Dynamic-Link Library</i>
UX	<i>User Experience</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
UDK	<i>Unreal Development Kit</i>
OpenNI	<i>Open Natual Interaction</i>
NUI	<i>Natural User Interface</i>
NIUI	<i>Natural Interaction Unreal Interface</i>



# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO .....	22
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO .....	23
1.3 OBJETIVOS .....	24
1.3.1 Gerais .....	24
1.3.2 Específicos .....	24
1.4 ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA .....	25
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>27</b>
2.1 SENSORES DE MOVIMENTO .....	27
2.2 TERAPIAS FISIOTERÁPICAS .....	30
2.2.1 Tratamento tradicional .....	30
2.2.2 Técnicas virtuais .....	31
<b>3 DESIGN E PLANEJAMENTO DE GAMES</b> .....	<b>33</b>
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	33
3.2 DINÂMICA CORPORAL .....	34
3.3 DESENVOLVIMENTO DE JOGOS .....	34
3.3.1 Enredo .....	36
3.3.2 Motor .....	37
3.3.2.1 UDK - Unreal Development Kit .....	38
3.3.3 Interface Interativa .....	38
3.3.3.1 Interface Gráfica .....	39
3.3.4 Sensor de movimento Kinect® .....	41
3.3.5 Integração sensorial e motora .....	42
<b>4 IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	<b>45</b>
4.1 MODELAGEM GRÁFICA .....	45
4.2 PROJETO .....	48
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>57</b>
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57
5.2 TRABALHOS FUTUROS .....	58
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>59</b>



# 1

## Introdução

*Este capítulo apresenta alguns detalhes sobre a confecção da monografia, bem como seus objetivos, justificativa e motivação para a realização deste trabalho de conclusão de curso.*

Na última década, a indústria de games arrecadou bilhões com a produção de jogos eletrônicos com estilos cinematográficos. Contudo, para chegarem a esse patamar, as produtoras de títulos e, principalmente, empresas como Nintendo®, Microsoft® e Sony®, desenvolvedoras dos consoles mais modernos, investiram arduamente em novas tecnologias de entretenimento (Barcala L., *et al*, 2011). Desde o surgimento dos primeiros consoles como o Atari® em 1970, e considerando a trajetória das inúmeras sucessões de jogos, os ramos que evoluíram notavelmente foram nas áreas gráficas. Alguns títulos recentes mais aclamados pelos jogadores chegam a possuir imagens e efeitos que beiram o realismo (Ferreira, E., 2009).

Atualmente, a disputa acirrada entre os consoles na indústria de games trouxeram inovações voltadas para a área da jogabilidade, conceito utilizado como forma de medida que torna o jogo fácil de ser jogado e desde a sua origem não havia expressado muito progresso. Com o tempo, o perfil de um jogador foi idealizado como uma pessoa sentada à frente da televisão, atribuindo funcionalidades aos jogos através do *joystick* ou controle remoto, fato que acabou se revelando um reflexo do sedentarismo. Com o surgimento dos sensores de movimentos Wii Remote®, Kinect® e Playstation Move®, o perfil do jogador está mudando, visto que os comandos atribuídos aos videogames são realizados por meio do movimento corpóreo.

Os *exergames*, como são chamados os jogos que possibilitam a interação física dos jogadores com os ambientes virtuais, estão ganhando espaço na área da reabilitação, por promover o movimento das partes superiores e inferiores do

corpo como forma de exercício e proporcionar uma percepção em uma realidade diferente, como cita Sousa, F.H. (2011).

Nesse sentido, os *exergames* se tornam importantes, visto ser uma ferramenta promissora para o estímulo, adesão e incentivo na realização de exercícios dentro da reabilitação de pessoas que possuam alguma deficiência motora, atrofia muscular ou trauma físico, como mostram as evidências de pesquisas segundo Chang, Y.J., *et al* (2011), Sousa F.H. (2011) e Cameirão, *et al* (2008). A compreensão desses estudos sugere que essa técnica é útil e possui impacto positivo na reabilitação física proporcionando melhora no controle motor e resistência muscular (Chang, Y.J., *et al*, 2011) (Sousa, F.H., 2011). Dentre as técnicas e terapias fisioterápicas encontradas na literatura, o tratamento da escoliose por meio de exercícios de equilíbrio e movimentação dos membros para um aumento na flexibilidade e melhora no padrão postural (Bonorino, K.C., *et al*, 2007), assemelha-se com a proposta deste estudo.

Esse trabalho visa à concepção de um ambiente virtual interativo com resposta visual de seus movimentos capturado pelo sensor Kinect® de forma a auxiliar a postura correta do paciente no exercício, estimulado por desafios e tarefas proposto pelo jogo. Com isso, espera-se uma melhora motivacional e física dos pacientes submetidos ao tratamento para recuperação da escoliose idiopática (causa obscura).

## 1.1 Justificativa e Motivação

Nos últimos anos, o número de métodos motivacionais na área de reabilitação física tem aumentado, com o intuito de melhorar o desenvolvimento e participação em exercícios repetitivos em pessoas com algum tipo de deficiência motora ou trauma físico. O incentivo à realização desses exercícios ajuda os pacientes a aumentar a sua independência superando as limitações encontradas em suas rotinas e até mesmo a problemas psicossociais graves.

Com o desenvolvimento desse trabalho acredita-se que a prática dos exercícios fisioterápicos nos pacientes em tratamento de reabilitação física do curso

de Fisioterapia da Unifal-MG, possam se tornar menos cansativo, transformando-se em hábitos positivos e até mesmo divertidos.

## 1.2 Problematização

A prática de exercícios constantes em pacientes que possuem escoliose em decorrência do processo de reabilitação física exige motivação e persistência para melhorar o seu desempenho a fim de superar as suas limitações.

No entanto, de acordo com Chang, Y.J., *et al* (2011) somente 31% das pessoas em reabilitação motora efetuam corretamente seus exercícios como recomendado, seja pelo fato do processo ser cansativo ou pelo fato dos equipamentos serem muitas vezes desconfortáveis, ou ainda por algum fator estético ou social.

Em decorrência disso, inúmeros estudos vêm promovendo interações do paciente com ambientes virtuais de modo a influenciar no estímulo e melhora do desempenho proporcionando novas sensações e experiências (Sousa, F.H., 2011).

Atualmente o curso de Fisioterapia da Unifal-MG não possui nenhuma terapia através da captura de movimentos sem a necessidade de sensores plugados ao corpo, como exclusivamente da tecnologia Kinect®, além de não contar com um ambiente virtual modelado de acordo com os exercícios propostos.

Neste contexto, deseja-se averiguar:

É possível criar um ambiente virtual modelado capaz de retornar com *biofeedback* visual as avaliações necessárias aos exercícios no tratamento de escoliose do curso de Fisioterapia da Unifal-MG?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Gerais

Este trabalho destina-se ao desenvolvimento de um ambiente virtual interativo com *biofeedback* visual, terapia que visa obter o controle sobre si mesmo pelo condicionamento de certas funções fisiológicas exibidas visualmente. Através da captura do movimento do corpo efetuado pelo sensor Kinect®, o paciente possa ser auxiliado na postura correta e execução do exercício e estimulado por meio de desafios e tarefas proposto pelo jogo.

### 1.3.2 Específicos

A fim de se alcançar os objetivos gerais deste trabalho, alguns objetivos específicos devem ser realizados:

- Levantamento dos exercícios utilizados para o tratamento de escoliose;
- Levantamento e modelagem de desafios e tarefas que proporcione a postura e movimentação do paciente de acordo com cada exercício;
- Modelagem de cenários e elementos visuais que auxiliem no *biofeedback* do paciente;
- Captura e armazenamento de informações que auxiliem no diagnóstico do fisioterapeuta responsável;
- Avaliação do ambiente virtual.

## **1.4 Organização da Monografia**

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. No Capítulo 2, será abordado todo o referencial teórico necessário para o entendimento do trabalho. No Capítulo 3 é apresentada a proposta deste trabalho, bem como todos os passos utilizados para se atingir o objetivo do mesmo. No Capítulo 4 é apresentado ambiente virtual e sua aplicação. O último capítulo é voltado para conclusões e trabalhos futuros. Todas as imagens contidas neste documento foram criadas exclusivamente pelo autor.



# 2

## Revisão bibliográfica

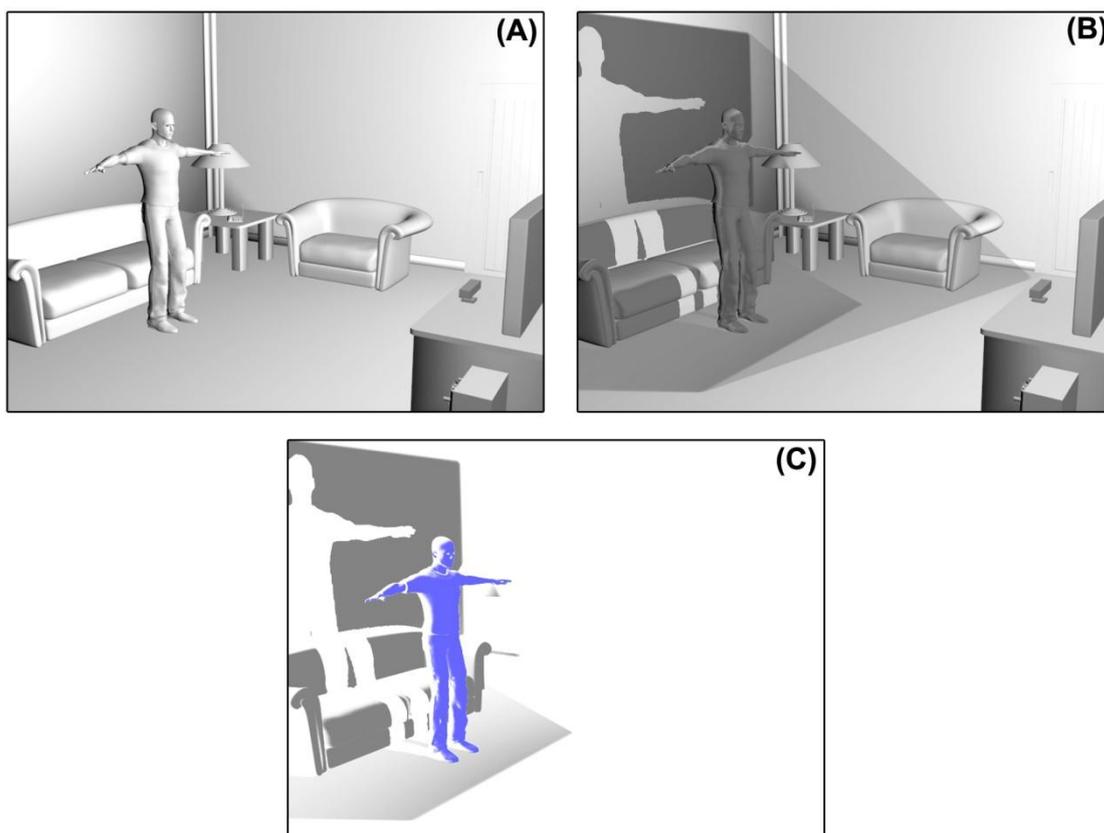
*Este capítulo apresenta uma abordagem geral sobre as tecnologias utilizadas na confecção do ambiente virtual e captura de movimento e descreve os tratamentos comuns e motivadores de escoliose.*

### 2.1 Sensores de movimento

A última geração de consoles, além de evoluir no poder de processamento de gráficos cada vez mais se aproximando do real, inovou também no campo da jogabilidade, que desde o seu surgimento mantinha o mesmo enfoque para a entrada de comandos das funcionalidades do jogo com o *joystick*. Com o surgimento dos sensores de movimento para a captura gestos comandos pelo corpo do jogador, a indústria de games proporcionou uma nova abordagem tanto na área de entretenimento digital, como em inúmeras outras áreas que adaptaram os seus novos controladores em diversas ocasiões.

Após o advento do Wii Remote® e Wii Fit® da Nintendo®, que contavam com uma nova experiência de movimento do corpo e equilíbrio, os *exergames* contribuíram como uma nova ferramenta de aprendizagem motora para a área de Fisioterapia e reabilitação e oferecem informações para uma próspera área de atuação (Sousa, F.H., 2011).

O Kinect® criado em 2010 pela Microsoft® permite aos usuários possam controlar e interagir com o console de jogos Xbox sem a necessidade do jogador possuir um joystick em mãos, por meio de uma interface natural em que utiliza movimentação do corpo. O dispositivo conta com uma câmera RGB e dois sensores de profundidade (projeter e captura), permitindo a captura de movimentos tridimensionais dos usuários a sua frente (Chang, Y.J., *et al*, 2011) como ilustra a Figura 1.



**Figura 1 - Fases da captura do sensor de movimento, a partir do posicionamento frontal ao dispositivo (A), projeção e captura do infravermelho (B), e interpretação do mapa de profundidade com identificação do corpo humano (C).**

Após o lançamento do Kinect®, muitos entusiastas tecnológicos perceberam o seu poder de interatividade, adaptando o dispositivo em inúmeros *softwares* e oportunidades de forma “hackeada”, o que levou a Microsoft® a lançar o Kinect SDK (*Software Development Kit* ou kit de desenvolvimento de *software*) e o surgimento do *framework* OpenNI, conjunto de ferramentas usadas para auxiliar no desenvolvimento de software.

Através da utilização do Kinect SDK ou do OpenNI, pesquisadores de diversas áreas podem adaptar o dispositivo de forma a passar e receber informações dele mais facilmente. Essas ferramentas permitem explorar as seguintes funcionalidades:

- Rastreamento do movimento esqueleto de até duas pessoas que estão no campo de visão do Kinect®;

- Acesso as informações da câmera de profundidade tridimensional (XYZ) que indica a distância dos objetos e acesso a câmera de cores (RGB);
- Captura de alto processamento de áudio que cancela ruídos e ecos possibilitando a identificação e origem do som

A captura do esqueleto NUI (*Natural User Interface* ou Interface natural do usuário) provém de informações de localização e orientação de pontos que representam o esqueleto humano como mostra a Figura 2.

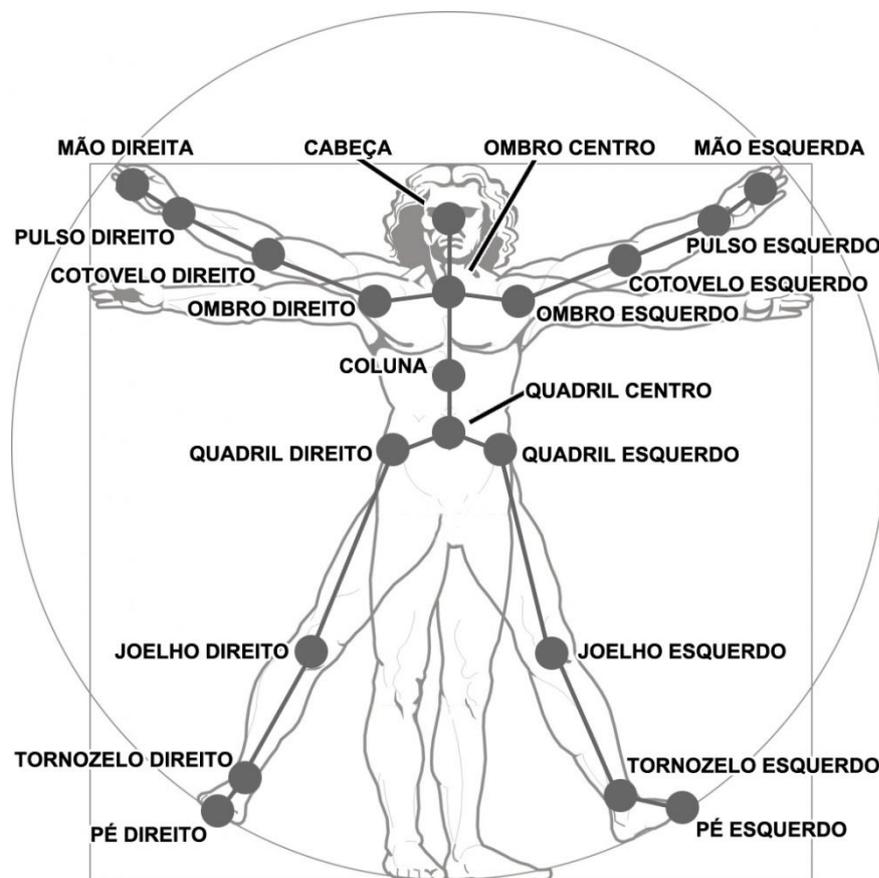


Figura 2 – Representação dos pontos vitais de reconhecimento do corpo humano pelo sensor Kinect®, imagem baseada na documentação Microsoft® Research (2011).

## 2.2 Terapias fisioterápicas

### 2.2.1 Tratamento tradicional

A escoliose são alterações no alinhamento na coluna em que ocorre um desvio para um dos lados do corpo, associado ou não a rotação vertebral. Esta enfermidade acontece em cerca de 3% da população geral (Bonorino, K.C., *et al*, 2007) (Costa, A., *et al*, 2002). Segundo Bonorino, Borin e Silva (2007) mais de 70% das escolioses são diagnosticadas na categoria idiopática (causa desconhecida).

Os pacientes que sofrem de escoliose podem ter uma limitação na sua vida ativa, incapacidade para o trabalho e em casos mais graves, o paciente pode referir dores e alterações da função pulmonar, além de repercussões estéticas e psicossociais (Costa, A., *et al*, 2002). A escoliose idiopática progressiva, quando diagnosticada precocemente, é passível de tratamento, dentre as técnicas e recursos utilizados estão Reestruturação Postural Global, colete, exercícios físicos, Bola Suíça, Manipulações Osteopáticas, método Klapp, *Iso-Stretching*, entre outros (Bonorino, K.C., *et al*, 2007).

No entanto, um estudo realizado por Shaughnessy, Resnick, e Macko em 2006 e citado por Chang, Y.J., *et al* (2011) demonstra que somente 31% dos pacientes em reabilitações efetuam os exercícios como indicado, por muitas vezes não possuírem entusiasmo para realização do processo.

No tratamento da escoliose, muitas das técnicas utilizadas nas terapias não apresentam um estímulo para o paciente devido à fatores estéticos ou sociais, como por exemplo, o uso de coletes deixam as crianças muitas vezes deslocadas dentro de grupos social, ou como certos exercícios físicos e estimulações elétricas dos músculos que não desempenham um histórico de progressão da curva de acordo com Costa, A., *et al*, (2002), assim como o desconforto de aparelhos que necessitam fixar inúmeros sensores espalhados pelo corpo para a captura do movimento.

## 2.2.2 Técnicas virtuais

Como forma de contornar os impasses ocorridos nas terapias tradicionais fundamentadas em recursos humanos e técnicos, com o intuito de aprimorar e promover a motivação adicional nos tratamentos de reabilitação, alguns estudos exploram a aplicação da realidade virtual como forma de entretenimento e apoio terapêutico para o paciente (Chang, Y.J., *et al.*, 2011) (Cameirão, *et al.*, 2008) (Gama, A.D., *et al.*, 2012) (Saposnik, G. *et al.*, 2010).

Em particular, os jogos de realidade virtual baseados no controle por sensores de movimentos aumentam significativamente a motivação dos participantes e melhora no desempenho dos exercícios como discutido por Chang, Y.J., *et al* (2011), além de oferecer suporte fisioterápico na definição do tratamento por parte do terapeuta e apoio para a correção de movimentos e posicionamentos inadequados (Gama, A.D., *et al.*, 2012).

A prática de usar os sensores de movimentos na reabilitação física começou a partir do lançamento do controlador precursor Wii Remote®, parte integrante do console Wii®, porém os trabalhos desenvolvidos por Barcala, L. *et al* (2011), Saposnik, G. *et al* (2010) e os revisados por Sousa, F.H. (2011) visam a motivação e análise dos movimentos através da adaptação dos exercícios físicos aos títulos de jogos eletrônicos que já existiam no mercado, sem desenvolver um *software* específico.

Já os *softwares* Ikapp (Gama, A.D., *et al.*, 2012) e Kinerehab (Chang, Y.J., *et al.*, 2011) foram desenvolvidos exclusivamente para determinados exercícios físicos, com o uso do sensor Kinect®, isso permite uma reabilitação mais confiável e agradável, além de uma avaliação postural mais efetiva.

O Ikapp trabalha os exercícios de inúmeros traumas físicos baseados numa interface 2D (bidimensional), onde a captura dos movimentos corporais desempenham a orientação dos elementos chaves na tela do jogo, porém, mesmo que as interfaces 2D permitam o desenvolvimento do *software* mais rápido, o *biofeedback* para o usuário se torna muito baixo.

O Kinerehab testou o seu estudo numa escola de educação especial com crianças que possuem o diagnóstico de paralisia cerebral grave. Nele à medida que

o paciente realiza os movimentos do exercício corretamente os elementos na tela do jogo oscilam de forma mais rica e o áudio começa a ficar mais alto, o que caracteriza um bom *feedback* como resposta aos movimentos.

# 3

## Design e planejamento de games

*Este capítulo aborda os processos que envolvem a concepção de um jogo eletrônico e sua ampla variedade de habilidades e conceitos metodológicos.*

### 3.1 Considerações Iniciais

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um *exergame* projetado em um ambiente virtual modelado especificamente para atender os movimentos realizados em seções de exercícios, dentro da reabilitação física no tratamento da escoliose. Segundo Chang, Y.J., *et al* (2011), a identificação de métodos eficazes e motivacionais se torna um fator importante para o incentivo e a boa prática na realização dos exercícios em pessoas com deficiência. Sendo assim jogo proposto visa motivar o paciente na realização dos exercícios.

A produção de um jogo de computador se divide em: a parte tecnológica, onde se situa o *software*, responsável em tornar a interatividade homem-máquina mais acessível; e o conteúdo artístico do jogo, desempenhado pelo enredo, narrativa, imagens, animações e sons, que particularizam o apreço ao jogo.

Para entender quais são os fatores considerados no desenvolvimento de jogos, foi elaborado um levantamento dos artefatos que os compõem, considerando os seus objetivos e particularidades, assim como as ferramentas utilizadas para a criação do *exergame* PhysioPlay de acordo com cada propósito.

## **3.2 Dinâmica corporal**

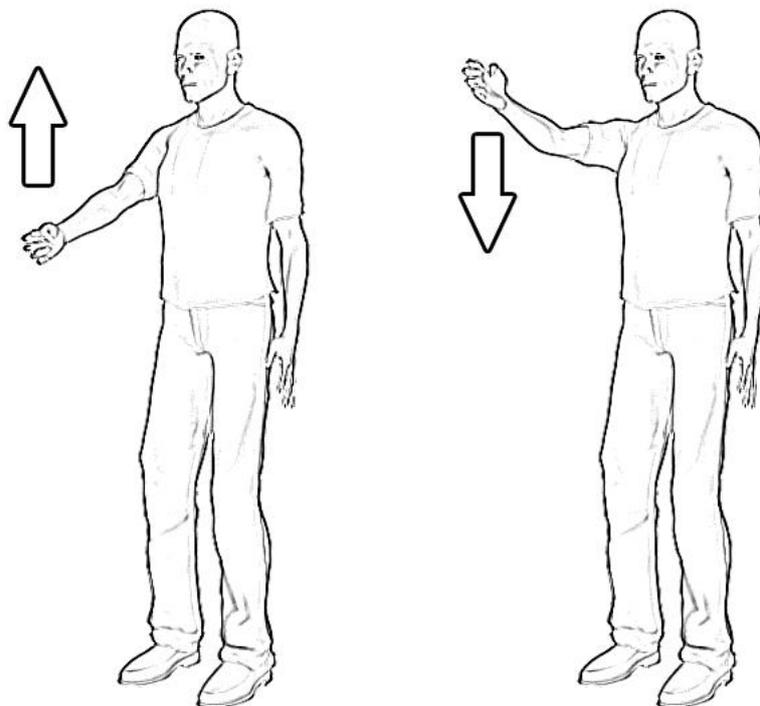
O corpo humano carece de movimentos para se associar com o meio a sua volta, essas ações incluem todos os sistemas do organismo, tais como: respiração, contração muscular, circulação e controle nervoso sensitivo e motor. O sensor Kinect® captura esses movimentos corporais e os transformam em elementos de entrada para o computador, assim o sistema atribui os movimentos de membros superiores e inferiores e de todo o corpo em comandos que operaram os quesitos do sistema.

No desenvolvimento do PhysioPlay, o exercício que serviu como fundamento no tratamento de escoliose se baseia na movimentação dos membros superiores do paciente, para isso, ele procura estender um dos membros superiores a frente e perpendicularmente ao corpo. Nessa posição, o paciente começa a movimentar o ombro levando a mão próximo a altura da cabeça e depois retornando ao ponto inicial, repetindo consecutivamente como demonstra a Figura 3.

Dessa forma, os pacientes são desafiados a conseguir mobilidade e coordenação, medido através do biofeedback visual e mostrado em um monitor para ele. As principais metas são proporcionar o alongamento das cadeias musculares, aumentar a flexibilidade e melhorar do padrão postural.

## **3.3 Desenvolvimento de jogos**

A cada ano a indústria de entretenimento de um modo geral supera a sua arrecadação, com um faturamento na casa dos bilhões. Tal sucesso se deve principalmente ao fato de que os grandes títulos atualmente, além de contarem com tecnologias inovadoras, possuem um enredo e trama em um nível superior ao cinematográfico. Assim, os principais artefatos produzidos em um jogo estão na combinação de três partes: enredo ou trama, motor e interface interativa.



**Figura 3 – Movimentos realizados nos exercícios para o tratamento de escoliose.**

O enredo é o esqueleto da narrativa, pois define o encadeamento das ações do jogo, e suas definições demandam da atuação de especialistas como roteiristas, psicólogos e historiadores. O motor é responsável em capturar as ações exercidas pelo jogador e traduzir de forma visual o impacto dessas ações no ambiente virtual. Com base em cálculos matemáticos e simulações físicas, a sua implementação exige conceitos de diferentes áreas da computação tais como, computação gráfica, inteligência artificial, redes de computadores, engenharia de software, etc. As interfaces gráficas dos jogos também passam por estudos de conhecimentos artísticos, cognitivos e técnicos, para permitir uma interação mais fácil em os dispositivos digitais e possibilitar o acesso do jogador às informações previamente programadas, decorrentes do estado no qual o jogo se situa.

### 3.3.1 Enredo

No surgimento da era dos vídeos games, as pessoas passaram a vislumbrar os jogos eletrônicos pelas suas peculiaridades em relação às animações gráficas e jogabilidade como forma de entretenimento. O enredo dos jogos não passava de uma história inicial ou motivo para desempenhar tal tarefa. Com o passar dos anos os estúdios de produções passaram a perceber que os títulos de sucessos e o respeito dos usuários mais aficionados estavam acarretados ao desenvolver da trama. Isto transformou a história do jogo, que foi de um simples pano de fundo a umas das atividades mais importantes na produção, o que aumentou o estímulo do usuário e garantiu até a continuidade dos títulos.

Diferente da elaboração de um roteiro para o cinema ou teatro, o enredo de um jogo tem que garantir o estímulo do jogador através dos inúmeros caminhos que a trama pode desenvolver e ambientar os diferentes estados que o personagem pode se encontrar.

Por se tratar de um jogo focado na realização dos exercícios de reabilitação física, o enredo do PhysioPlay foi contextualizado de forma a deixar o usuário incentivado a efetuar o movimento mais correto possível do exercício. Nele, como mostra a Figura 4, o personagem/avatar do jogo ocupa a posição de um operário numa fábrica fictícia de embalagens e tem como objetivo manejar o deslocamento das embalagens que se movimentam pelo cenário através de engenhosas máquinas e esteiras rolantes.

Uma característica relevante no planejamento do jogo, é que cada artefato produzido, independente da sua área de desenvolvimento, seja artístico ou computacional, possui uma ligação direta com os demais produtos, sendo assim inúmeros cuidados foram tomados e revisados nas demais partes do projeto, tais como situar as tarefas, cenário e dinâmica do jogo com o exercício proposto no tratamento da escoliose.



**Figura 4 – Printscreen do jogo Physioplay realçando o cenário.**

Posteriormente, o processo de modelagem do cenário e interface será descrito de forma a contextualizar o seu objetivo visual. Contudo, deve ser ressaltada a importância da relação entre a escolha do enredo e o cenário, caracterizado por máquinas fictícias, com o propósito de possíveis adaptações dos movimentos realizados pelos exercícios, uma vez que os gestos exercidos pela reabilitação possuem uma forma peculiar ao tentar se basear com as atividades cotidianas.

### **3.3.2 Motor**

O motor é a peça elementar de um jogo de computador, é por meio dele que são recebidos, enviados e processados todos os sinais responsáveis pela dinâmica do sistema. Entre o seu conjunto de funcionalidades principais estão o processamento gráfico do cenário, texturas e efeitos tridimensionais, simulação física dos objetos, inteligência artificial, interpretação dos sinais recebidos pelos controladores e disparos de sons.

O papel do motor é tão elementar para os jogos eletrônicos que para chegar até esse patamar de complexidade, passaram-se por inúmeras gerações e diversas etapas de aperfeiçoamento, incluindo técnicas como detecção de colisões e atualização de quadros por segundos, que não são visivelmente triviais.

No entanto, os motores não estão presentes somente durante a execução dos jogos, eles contam com ferramentas disponíveis para o desenvolvimento dos jogos, para que tais não sejam construídos do zero.

### 3.3.2.1 UDK - Unreal Development Kit

Para o planejamento e execução do PhysioPlay, foi realizado um pequeno estudo de viabilidade entre os principais motores gráficos existentes no mercado, tais como UDK, Unity, Panda3D, OGRE, jMonkey e XNA Game Studio. E o estudo se baseou nos seguintes critérios: custo, facilidades na integração com o Kinect® e com outros programas de modelagem gráfica e estilo de jogabilidade.

O motor gráfico UDK (Unreal Development Kit) trata-se de uma poderosa ferramenta para a criação de jogos tridimensionais, baseada na *Unreal Engine 3* que possui a mesma capacidade de criação de títulos como *Unreal Tournament III*, *Gears of War* e *Batman: Arkham Asylum*. O UDK é gratuito para uso não comercial.

A escolha do UDK como motor gráfico do PhysioPlay tornou-se essencial devido à facilidade de comunicação entre os softwares de criação de objetos tridimensionais, como o 3ds Max, e o sensor de movimentos Kinect®, além de contar com uma comunidade ativa, rica em documentação e seções entre as áreas de desenvolvimento.

### 3.3.3 Interface Interativa

A interface, parte essencial em todos os dispositivos digitais, é o meio de comunicação entre o usuário e o *hardware*, através dos periféricos que podem ser divididos em entrada e saída. Trocas de mensagens são realizadas para o utilizador ter controle do estado atual do sistema. A área que estuda as interfaces é a UX (*User Experience* ou Experiência do Usuário), onde através de um contexto psicológico, visa uma melhor harmonia entre os meios. No campo dos jogos eletrônicos, uma

“jogabilidade” ruim, termo utilizado para expor todas as experiências do jogador durante a sua interação com o jogo, pode colocar todo um projeto e desenvolvimento no fracasso.

### 3.3.3.1 Interface Gráfica

As interfaces gráficas dos jogos computacionais foram, desde os primórdios, o chamariz que impulsionou a indústria de jogos e atualmente encontra-se em constante aperfeiçoamento. Sua sofisticação visual e nível de realismo muitas vezes são limitados apenas pela potência de processamento do *hardware*.

É através da interface que o usuário possui a capacidade de se vislumbrar com os atrativos visuais, criar uma particularidade com o enredo e poder abstrair mentalmente os movimentos de submersão no ambiente virtual – facilidade e rapidez ao acionar uma função para prosseguir com uma nova jogada.

No *PhysioPlay*, o cenário foi ambientado e projetado em um espaço fechado para que o usuário não acabe imergindo no cenário e perca o foco na realização do exercício físico. Entretanto, o jogo foi idealizado em um amplo galpão de forma a respeitar os critérios de navegação em ambientes, citados a seguir, a fim de acatar os sentimentos de curiosidade e percepção que anseiam a maioria dos jogadores.

A visão em terceira pessoa foi adotada com caráter necessário, por se tratar de um *exergame*, o usuário precisa ter o controle da cena e o impacto dos seus movimentos nos objetos.

As funcionalidades de controle e desenho do cenário foram esquematizadas de forma a permitir uma exploração e descoberta do ambiente, possibilitando uma navegação intuitiva.

Como reforço do critério acima, o ambiente possui limites de navegação para que o foco permaneça na tarefa realizada.

O cenário fechado, ambientado no interior de um galpão, foi distribuído de forma a liberar um espaço amplo, para que combinado com o deslocamento da câmera possibilite a percepção de profundidade e movimento de cada objeto na cena.

Objetos guias foram adicionados para conduzir o usuário às tarefas intuitivamente, pois a maioria dos jogadores possui uma característica impulsiva e dificilmente prestam atenção em descrições.

Como forma de orientação sobre as ações realizadas pelo usuário, reforço positivo e negativo, elementos visuais e sons impactantes foram adicionados também, como pode se ver na Figura 5, onde a pontuação surge durante uma atividade, possuindo cores mais agradáveis ou não.

Para diminuir a complexidade de reação do jogador, somente os objetos que estão ligados às tarefas possuem animações e dinâmica.

Os efeitos sonoros e sons ambientes foram adicionados de forma a facilitar uma construção mental da atmosfera visual, como forma de ambientar o usuário.



Figura 5 – *Printscreen* do jogo Physioplay demonstrando a pontuação.

### 3.3.4 Sensor de movimento Kinect®

O Kinect®, criado inicialmente como controlador do console Xbox® da Microsoft®, trata-se de um sensor que identifica e captura os gestos e movimentos de uma ou duas pessoas posicionadas a sua frente. Com um quesito inovador, ele foi o elemento chave para a idealização desse projeto e inúmeros outros *exergames* que não necessitam do contato do usuário com hardware.

O dispositivo é constituído principalmente de um projetor de infravermelho e duas câmeras - uma para a captura de cor e outra de profundidade para a captura dos raios infravermelhos, além de uma coleção de microfones. O funcionamento do sistema entre o sensor e o computador é demonstrado na pilha de processos ilustrado na Figura 6.

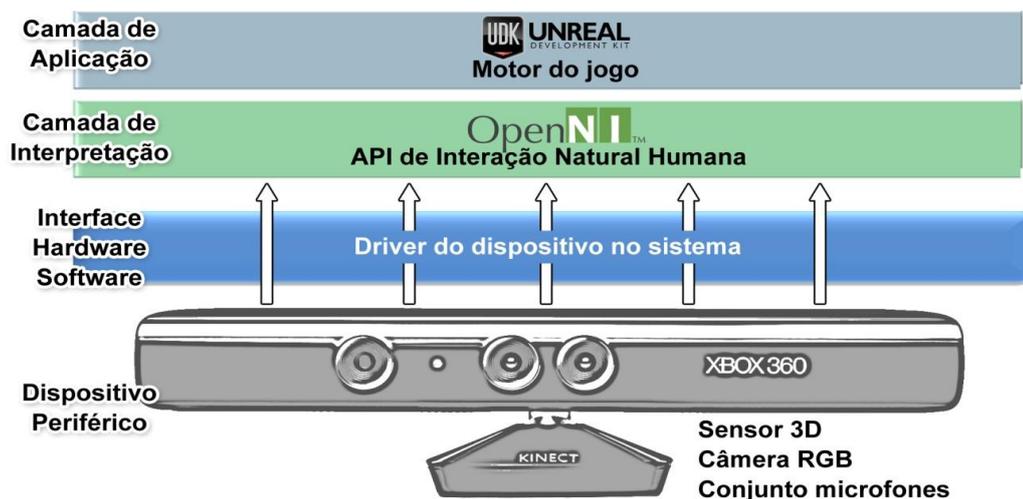


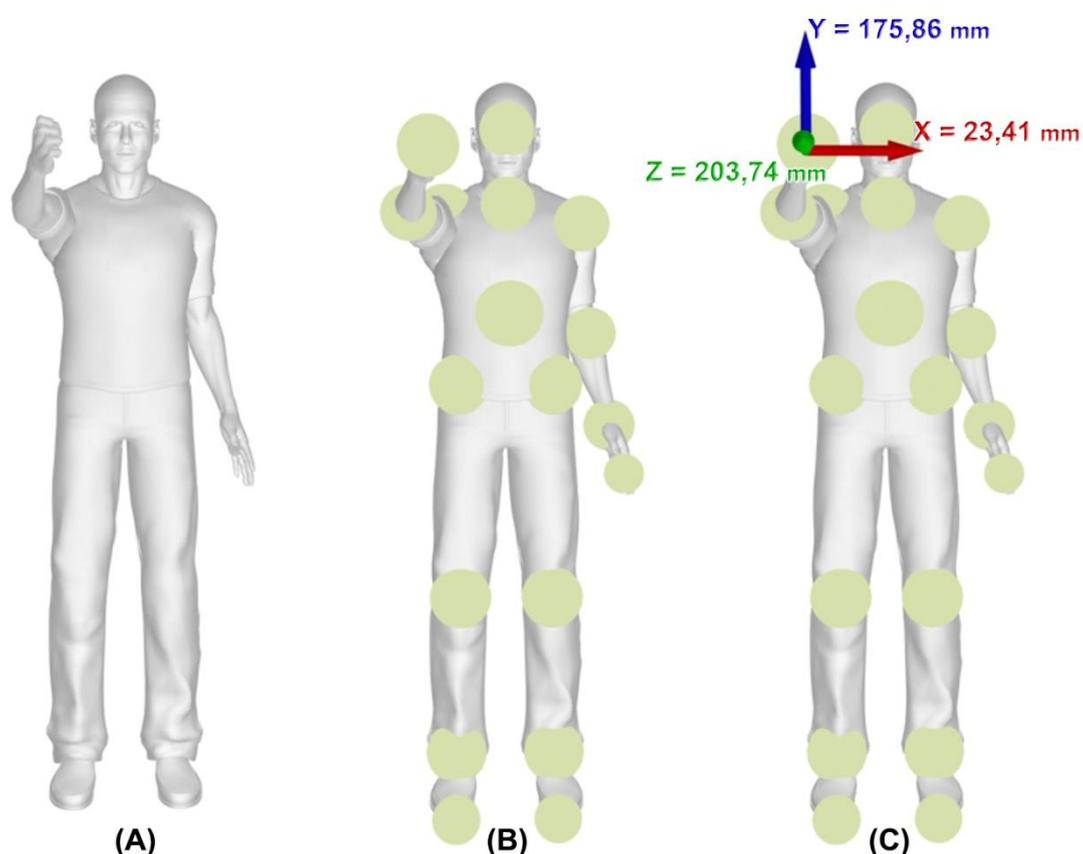
Figura 6 - Níveis de interação entre as camadas de processamento desde a captura pelo sensor até as operações gráficas, baseada na documentação do OpenNI (2010).

A partir de um alto nível de abstração, esses processos obedecem a seguinte ordem de baixo para cima:

- Dispositivo periférico - o projetor emite os raios infravermelhos aos obstáculos a frente do dispositivo, as câmeras capturam as informações de profundidade e cor passando para um processamento interno;
- Interface Hardware/Software - os dados são enviados para o computador através do *driver* do dispositivo no sistema operacional;

- Camada de interpretação - as informações coletadas pelo sensor são interpretadas pela biblioteca do OpenNI, que deixa disponível dados sobre o reconhecimento do corpo do usuário;
- Camada de aplicação - o motor de jogos é alimentado com esses dados através da API do OpenNI.

A Figura 7 demonstra a forma como essas informações de posições tridimensionais dos sinais característicos do esqueleto humano chegam ao motor gráfico.



**Figura 7 – Processo de captura das posições tridimensionais, com base nos pontos vitais do pseudo-esqueleto do usuário, (A) posição do usuário a frente do sensor, (B) identificação dos pontos e (C) posicionamento tridimensional do ponto referente a mão direita do usuário.**

### 3.3.5 Integração sensorial e motora

O cérebro humano por meio do controle dos estímulos sensoriais, informações das funções visuais, auditivas, táteis, olfativas e gustativas, estabelece

respostas para produzir comportamento útil e adaptativo às várias demandas do ambiente. Essa organização cerebral aos estímulos sensoriais é denominada integração sensorial e permite ao indivíduo a sensação de uma realidade diferente ao interagir com um ambiente virtual (Sousa, F.H., 2011).

Neste sentido o *PhysioPlay* foi projeto em um ambiente virtual tridimensional para que a integração sensorial e motora do paciente capturada pelo sensor Kinect®, possibilite a interação do corpo e dos objetos do ambiente como *biofeedback* visual, assim contribuindo para o desenvolvimento de habilidades motoras, além da atenção e concentração como terapia ocupacional.

Inicialmente o desenvolvimento do projeto passou por uma fase de teste para a definição de qual tecnologia seria utilizada na próxima fase de desenvolvimento, onde cabe a essa API (Application Programming Interface ou Interface de Programação de Aplicativos) a interpretação dos movimentos capturados pelo usuário em resposta visual para a integração sensorial.

As principais particularidades encontradas entre as duas ferramentas testadas, Kinect SDK e OpenNI Framework são:

**Esqueleto** - ambos os sistemas possuem 20 pontos de articulações como retorno para o pseudo-esqueleto humano, entre as medidas usadas como resposta para os eixos tridimensionais de cada articulação, o OpenNI mostrou-se com maior desempenho e facilidade por retornar as informações tridimensionais diretamente em milímetros (PrimeSense, 2010), junto com a base ortonormal entre dois pontos, enquanto que o Kinect SDK varia numa escala relativa entre -1 a 1 nos 3 eixos, possuindo funções próprias de conversão pouco precisa em teste realizados sobrepondo a imagem real do usuário e o mapas de pontos capturados.

**Rastreamento** - ambos possuem atraso de milésimos de segundos e rastreiam até dois usuários simultaneamente, porém a inicialização do OpenNI demanda de uma fase de calibração que demora um pouco mais para começar. Essa fase consiste num pré escaneamento do usuário que está a frente do sensor e deve ficar na pose como a letra grega  $\Psi$  (psi), com os braços abertos e as mãos para cima. Enquanto que o Kinect SDK possui um comparador de imagens realizando um reconhecimento de padrões do corpo humano que agiliza o processo, porém permitindo inconsistência ou falsos positivos em relação aos objetos no ambiente.

Plataforma - mais um fator importantíssimo que contribui na escolha do OpenNI para o desenvolvimento do projeto, foi o fato dele possuir suporte multi-plataforma e acoplamento entre inúmeras linguagens, enquanto o Kinect SDK é de uso exclusivo da plataforma Windows®.

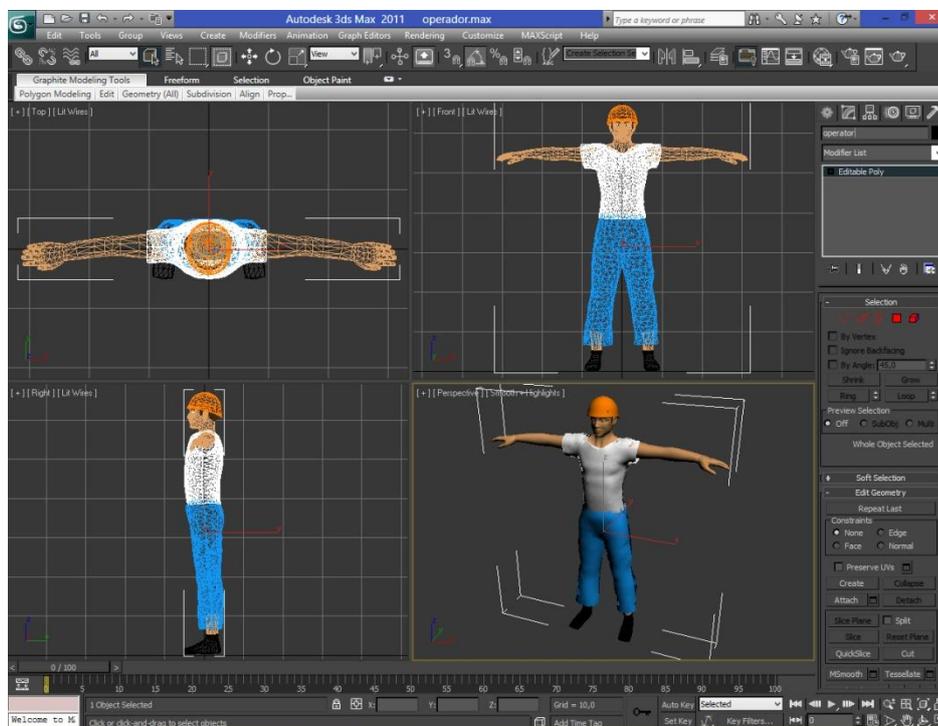
# 4

## Implementação

*Este capítulo apresenta a proposta desta monografia. É organizado da seguinte forma: A Seção 4.1 apresenta os modelos gráficos necessários para a implementação do jogo e a seção 4.2 demonstra como a implementação foi concebida.*

### 4.1 Modelagem gráfica

Após o término da etapa de concepção de um jogo, é necessário a criação dos recursos gráficos e multimídias conforme o enredo proposto. Esses elementos, que são utilizados para a confecção do jogo, podem ser: modelos 3D, texturas de imagens, superfícies e sons. A Figura 8 mostra o ambiente de desenvolvimento do modelados exclusivamente para o PhysioPlay.



**Figura 8 – Printscreen do software 3DS Max onde foram desenvolvidos os modelos gráficos.**

Pelo fato do enredo do Physioplay abordar uma fábrica fictícia de embalagens, foram desenvolvidos no projeto seis modelos 3D essenciais para a dinâmica do jogo descritos abaixo. A Figura 9 mostra os elementos.

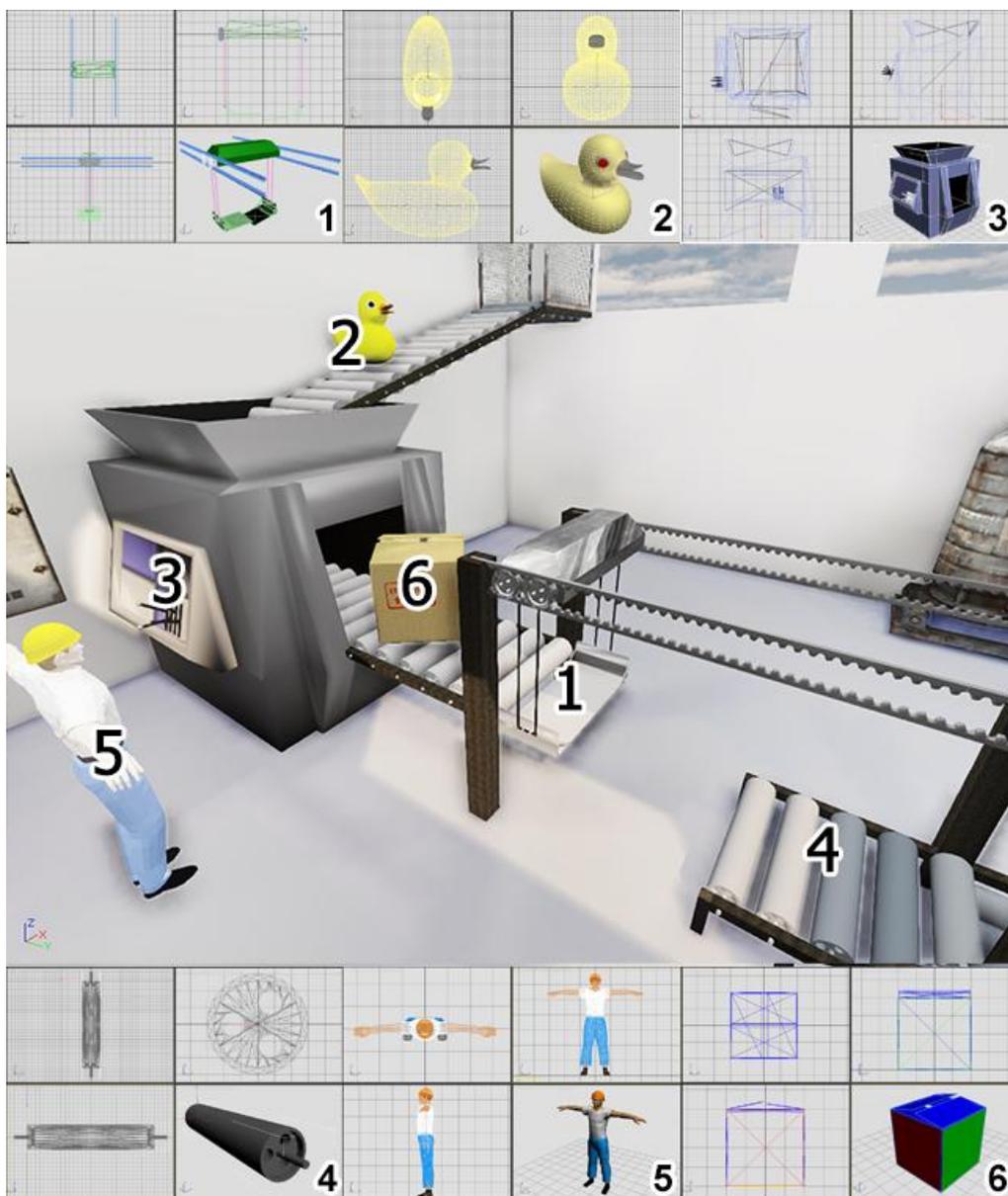


Figura 9 – Modelos gráficos desenvolvidos para o PhysiPlay.

1. Máquina coletora - responsável em transportar as caixas de papelão de uma esteira para a outra. Na sua implementação possui a translação em um eixo e abertura (rotação) da sua base conforme sua posição.

2. Pato inflável - necessário para o enredo do jogo, possui propriedades físicas de movimento como colisão com os demais objetos do cenário e gravidade, e sua atuação é percorrer uma esteira até cair na máquina de embalagens para ser empacotada.
3. Máquina de embalagens - também necessária para o enredo do jogo e permite a troca dinâmica dos patos infláveis em caixa de papelão.
4. Rolo da esteira - possui movimento de rotação permitindo o deslocamento dos objetos no cenário através das propriedades físicas quando alinhados.
5. Operador - personagem essencial do jogo, sua malha 3D foi modelada em torno de um pseudo esqueleto virtual capaz de traduzir os movimentos do jogador.
6. Caixa de papelão - alvo das tarefas do PhysioPlay, também possui as propriedades físicas para dinâmica com os elementos do cenário.

Todos os modelos gráficos foram gerados com o *software* Autodesk® 3DS Max e a imagens para a sua textura, com o Adobe® Photoshop. Os modelos possuem tamanho variado entre 500 *kilobytes* a 2 *megabytes* e a estrutura do seu arquivo tem a definição de todos os pontos tridimensionais correspondentes à malha do modelo, além dos vértices que ligam esses pontos para especificar as faces do objeto. No trecho de código a seguir é mostrado um fragmento do arquivo referente ao modelo do operador que possui um total de 6995 vértices e 10138 faces.

```
mtllib ./operador.mtl
g
# object operador to come ...
#
v -8.050190 10.250580 -3.019515
v -7.623235 5.383148 -2.752532
v -7.633735 5.384687 -1.762045
v -7.718066 6.153416 -1.830344
v -5.447519 9.733688 -0.819231
v -5.097524 9.713800 -2.589755
v -5.350530 9.747692 -3.645447
v -6.292778 9.933426 -3.761901
v -7.466186 10.076769 -3.658705
v -8.068244 10.268661 -1.909261
```

```

v -7.788169 10.167347 -0.522747
v -6.108501 9.808254 -0.411115
v -6.871957 10.014151 -0.305388
v -5.296569 6.152884 -2.398181

(...)

v -2.928466 63.756485 1.066761
v -1.399014 63.930237 3.144871
v 1.011458 63.972023 3.395094
v 2.792498 63.835052 1.540146
# 6995 vertices

(...)

g operador
usemtl Material__1152
s 1
f 4/4/4 33/33/33 2/2/2 3/3/3
f 15/15/15 18/18/18 14/14/14 6/6/6
f 18/18/18 20/20/20 16/16/16 17/17/17
f 20/20/20 22/22/22 19/19/19 16/16/16
f 22/22/22 24/24/24 21/21/21 19/19/19
f 24/24/24 25/25/25 23/23/23 21/21/21

(...)

f 6721/4900/6721 6714/4893/6714 6128/4307/6128
f 6453/4632/6453 6722/4901/6722 6454/4633/6454
f 6595/4774/6595 6722/4901/6722 6137/4316/6137
f 6459/4638/6459 6723/4902/6723 6696/4875/6696
f 6698/4877/6698 6723/4902/6723 6692/4871/6692
# 10138 faces

```

## 4.2 Projeto

Nesta seção é demonstrado a forma como foi concebido o jogo PhysioPlay com o intuito de esclarecer os métodos que são atribuídos a medida que o usuário vai emergindo em cada etapa de uma fase do jogo.

De acordo com as camadas de processos sucedidas desde a captura dos movimentos pelo sensor até o motor gráfico, como demonstra a Figura 10, essas informações capturadas são submetidas a inúmeros processos de interpretação,

tanto de hardware como de software, até a reprodução do jogo renderizado em um monitor, seguindo as seguintes etapas:

- O sensor faz uma leitura de profundidade sobre o jogador a sua frente;
- Os dados são passados para o computador na camada de interface;
- Na camada de interpretação os dados coletados ficam disponíveis para consulta através da API;
- A camada de aplicação executa as atividades do jogo com informações já interpretadas pelo motor gráfico.

Contudo, é na camada de aplicação, mais propriamente acoplada a parte de codificação do jogo, onde acontece a tradução das informações capturadas do corpo do usuário em movimentos dos personagens ou objetos do cenário através da linguagem UnrealScript, script utilizado para a criação de jogos dentro do UDK.

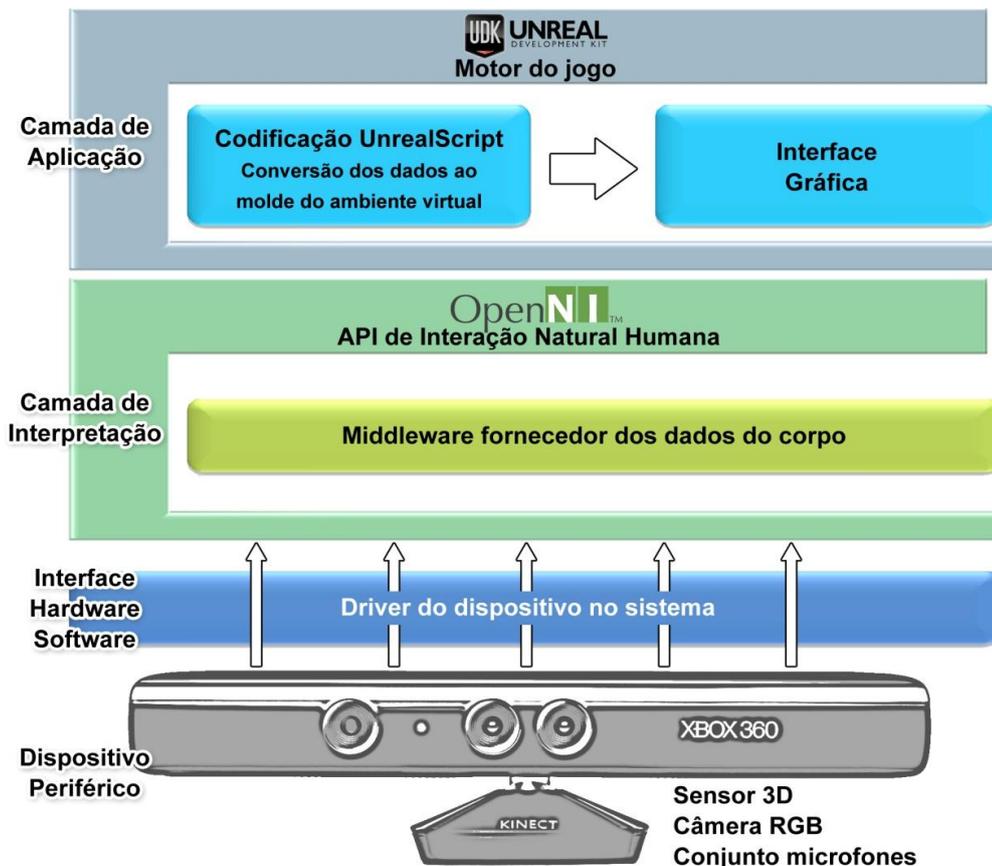


Figura 10 – Níveis de interação entre as camadas de processamento e suas sub-rotinas, baseada na documentação do OpenNI (2010).

O código abaixo mostra a chamada das funções necessárias para a obtenção das informações do sensor através da DLL (*Dynamic-link library* ou biblioteca de vínculo dinâmico) de comunicação com a API do OpenNI

```
/* Atualiza os contextos do motor e do OpenNI. */
dllimport final function UpdateNIUI();

/* Recupera a posição no espaço em relação ao dispositivo de câmara de
profundidade. */
dllimport final function GetSkeletalJointLocation(int userID, int joint, out
Vector out_location);
/* Recupera a posição no espaço em relação ao centro de massa utilizadores. */
dllimport final function GetLocalSkeletalJointLocation(int userID, int joint,
out Vector out_location);
/* Recupera o centro utilizadores de massa em relação à profundidade da câmara.
*/
dllimport final function GetUserCentre(int userID, out Vector out_location);
/* Recupera a X, Y e Z do osso. Passe isso em OrthoRotation para derivar uma
rotação. */
dllimport final function GetBoneAxes(int userID, int joint, out Vector
out_forward, out Vector out_side, out Vector out_up);
```

O primeiro processo atrelado ao início da fase do jogo é a parte de rastreamento, onde são identificados quais usuários estão à frente do sensor e atribuído uma sequência de estados sobre os eventos ocorridos em cada sub-rotina processada, como mostra o trecho de código abaixo.

```
/* Consulta do estado do usuário */
dllimport final function bool IsUserDetected(int userID);
dllimport final function bool IsUserCalibrating(int userID);
dllimport final function bool IsUserTracking(int userID);
dllimport final function bool IsUserInPose(int userID);
```

Estes estados podem ser definidos como:

- Usuário Detectado – foi identificado um usuário a frente do sensor e atribuído um número identificador a ele;
- Perdeu Usuário – não foi possível mais identificar o usuário;

- Detectado Pose do Usuário - foi detectado que o usuário está em pose para iniciar a calibração, posição com as mãos para cima ao lado da cabeça, formato  $\Psi$ ;
- Perdeu Pose do Usuário - usuário saiu da pose;
- Início da Calibração - inicia-se o processo de calibração onde é feito um pré escaneamento do usuário a frente do sensor para a identificação do pseudo-esqueleto;
- Sucesso da Calibração - processo de calibração foi finalizado e o usuário foi reconhecido com sucesso;
- Falha da Calibração - não foi possível rastrear o usuário;
- Início do Rastreamento - rastreamento em andamento, todos os movimentos do usuário são passados para a API.

Todos esses estados podem ser alcançados e permanecem em *loop*, até que o rastreamento seja iniciado. Para isso a área de codificação realiza inúmeras chamadas as funções disponibilizadas no OpenNI que retorna um novo estado que se encontra o usuário.

Após o início do rastreamento, o jogo se encontra em *loop* em decorrência da renderização realizada pelo motor gráfico UDK. A cada iteração a biblioteca do OpenNI retorna uma sequência de posições tridimensionais de acordo com cada articulação do pseudo-esqueleto, mantendo uma taxa de atualização expressa em quadros por segundo. Dessa forma começa a etapa de atribuição de movimento ao personagem no cenário. O ambiente funciona por disparo de eventos, os quais foram implementados nos métodos a seguir:

```

class NIUI_PlayerController extends GameplayController
    implements (NIUI_CallbackInterface, NIUI_DependencyInterface)
    dependson (NIUI_Core);

/*****
 * Configuração do núcleo NIUI *
 *****/
function OnNIUICoreStart(NIUI_Core TheCore);

function SetNIUIHandle(int handle);

function int GetNIUIHandle();

function NIUI_Core GetCore();

/* Define prioridades de acordo com o evento em relação ao estado que o usuário
se encontra a frente do sensor */
function OnNIUIEvent(int TheEvent, int userID);

/*****
 * Funções do Gameplay *
 *****/

/* função executada em loop que chama todas as sub-rotinas do jogo de acordo com
cada o seu estado atual */
function PlayerTick(float DeltaTime);

/* Carrega todos os objetos da cena */
function InitObjs ();

/* Atualiza o estagio do jogo ao final de cada etapa */
function IncreaseStage (array<String> args);

/* Atualiza a posição do avatar de acordo com a movimentação do usuário */
function UpdateLocation ();

/*****
 * Criação dos modelos dinâmicos do jogo *
 *****/
function createBox();

function createActor(String obj, Vector loc, Rotator rot);

/*****
 * HUD *
 *****/

/* Atualiza os elementos gráficos da interface 2D na tela */
function DrawHUD(HUD H);

/* Incrementa o placar */
function addScore(int _score);

/* Atualiza o placa de forma contínua */
function changeScore();

```

Para cada ligação ou dupla de articulações que forma o pseudo-esqueleto, por exemplo, ligação entre o ombro e cotovelo, é alimentado pelo OpenNI a informação do posicionamento espacial entre cada ligação, junto com a rotação no sentido ortonormal capturada também pelo corpo do usuário. Sendo assim o personagem no cenário passa a responder aos mesmos movimentos do usuário.

A fase de movimentação continua no decorrer do jogo, contudo, agora o personagem pode interagir com os objetos do cenário, logo a etapa da realização da tarefa proposta pelo jogo tem início. Quando a mão do personagem, controlado pelo usuário, entra em contato com a máquina é armazenada a posição da mão no eixo Y (altura). A partir deste momento, à medida que o usuário realiza o movimento do membro superior no sentido de cima para baixo, ele recebe o retorno visual da máquina do cenário sendo controlada por ele. Isso acontece devido ao cálculo da diferença entre a nova posição da mão do personagem em relação a posição que foi armazenada, conforme o trecho de código abaixo.

```
class Stage1 extends StageDefault implements (StageInterface);  
  
function Update(float DeltaTime)  
{  
    local int dist, aux, aux2;  
    local array<String> digit;  
    dist = abs(ctrl.initUserHeadLocation.Z -  
              ctrl.MyPawn.getJointPosition(PlayerHand).Z);  
    aux = (dist<0)? 0 : dist;  
    aux2=abs(120-((aux-40)*1.7));  
    //translação do modelo da máquina coletora pelo cenário  
    MoveMachine(aux2);  
    //Decrementar cronômetro  
    Countdown(DeltaTime);  
    //Calcular Feedback, posicionamento do braço  
    Feedback();  
}
```

Ao mesmo instante que é realizado o cálculo da movimentação do braço, ocorre também a identificação do ângulo exercido pelos seguintes vetores, como ilustrado na Figura 11C: o vetor V1 entre os pontos do ombro (P3) e do cotovelo (P2) que está em movimento e o vetor V2 entra referente a clavícula definido pelos pontos P1 e P3. A partir da variação desse ângulo descoberto, junto com o ângulo perpendicular aos dois ombros, encontra-se o quanto o usuário está fora da posição ideal do exercício, demonstrado na ilustração por 52°. Como medida corretiva, é

indicado visualmente pela intensidade das cores, sendo verde para a posição ideal (Figura 11A) e vermelho para a posição inadequada (Figura 11B), os cálculos para a obtenção do ângulo é mostrado no trecho de código logo abaixo.

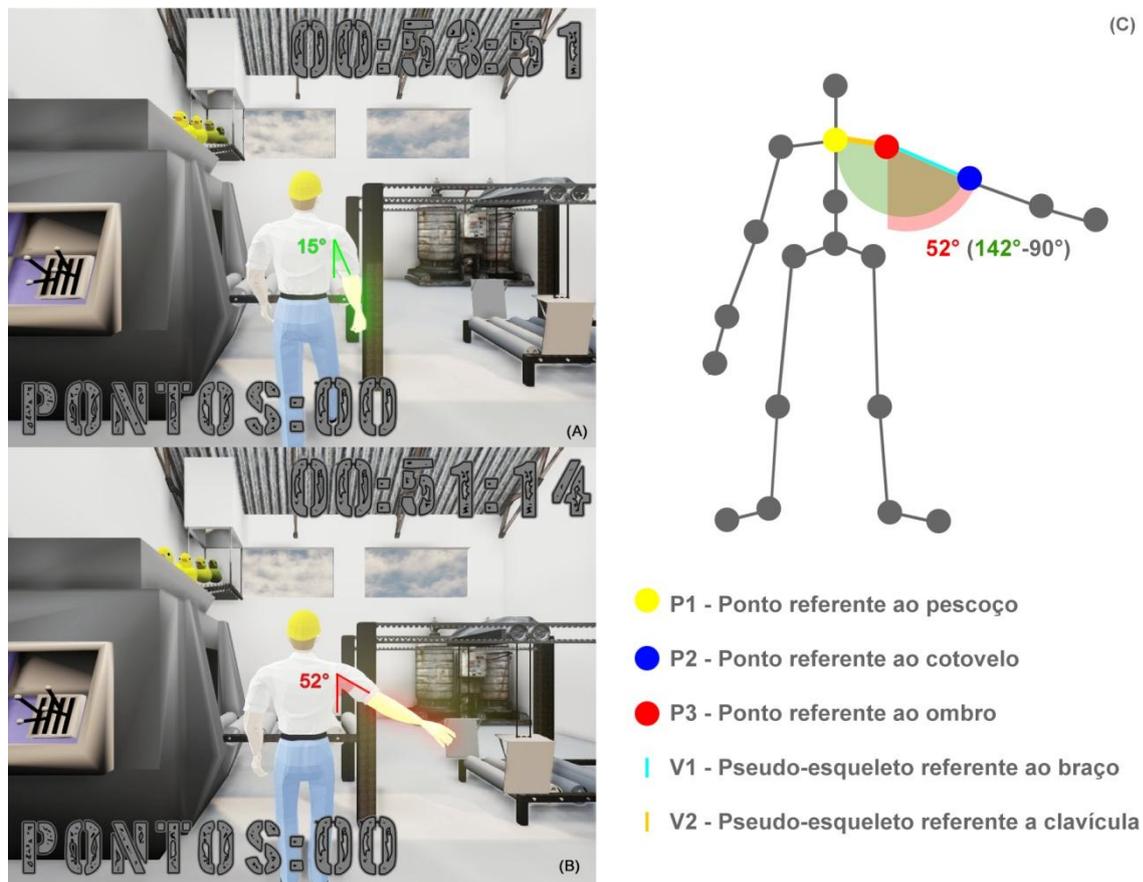


Figura 11 – Biofeedback visual do ângulo no movimento correto (A) e inadequado (B), ilustração do cálculo necessário para saber o desvio (C).

```

Class Math extends Object;

/* Calcula o ângulo entre 3 pontos do pseudo-esqueleto */
static function float CalculateAngle3Point(vector P1, vector P2, vector P3)
{
    local vector V1, V2;
    local float angle;

    V1 = Normal(P2-P3);
    V2 = Normal(P1-P3);

    angle = Acos( V1 dot V2 ) * 180/PI;
    return angle;
}

```

Para finalizar os processos obtidos na fase do jogo acontece a contagem da pontuação, que ocorre com a soma do alcance que as caixas, que aparecem pelo jogo, conseguem chegar. À medida que cada caixa consegue alcançar três pontos dispersos na segunda esteira, é somado cinco pontos no seu placar, assim como mostra a Figura 12. Quanto mais o usuário conseguir transportar um caixa de um lado para o outro, ou seja, realizar o movimento do exercício corretamente e no tempo preciso, mais qualificado ele fica no jogo.



**Figura 12 – Detalhe da caixa alcançando duas posições da pontuação do jogo.**

De acordo com a modelagem e implementação do *exergame* PhysioPlay que foi idealizado de forma exclusiva para o tratamento de escoliose. Devem servir na realização de seções de exercícios acompanhadas por um fisioterapeuta a fim de se atingir a aprovação dos pacientes.



# 5

## Conclusões

*Este capítulo apresenta as conclusões obtidas pela realização deste trabalho, e também a proposição de trabalhos futuros.*

### 5.1 Considerações Finais

Atualmente os *exergames* se tornaram um novo recurso para a reabilitação física, principalmente por promoverem a movimentação do corpo humano e o experimentar de uma realidade diferente daquela utilizada na prática clínica cotidiana.

Sendo assim o presente estudo desenvolveu um ambiente virtual que permite a integração do paciente com o sensor de movimento Kinect®, exclusivamente elaborado para os exercícios no tratamento de distúrbios da coluna vertebral no Laboratório de Análise do Movimento Humano do curso de Fisioterapia da UNIFAL-MG.

Foram analisadas duas ferramentas para a interpretação das informações fornecidas pelo sensor de movimento e escolhida uma delas para a implementação do jogo. O processo de modelagem do cenário e a dinâmica do jogo foram elaborados seguindo as principais técnicas utilizadas no mercado, além da análise dos movimentos que são propostos nos exercícios durante as sessões de reabilitação, assim como o nível de dificuldade perante o trauma físico do paciente.

Uma equipe de fisioterapeutas acompanhou o processo de criação para futuras aplicações do jogo em conjunto com os exercícios em pacientes.

## 5.2 Trabalhos Futuros

A fim de aperfeiçoar as diretrizes do trabalho proposto e ampliar o alcance do jogo dentre as técnicas e terapias fisioterápicas, propõe-se realizar baterias de testes para validação e verificação de melhorias sugeridas pelos pacientes através de questionários técnicos.

Planeja-se também, acrescentar uma nova funcionalidade baseada em jogos em primeira pessoa, onde o jogador enxerga pelo ponto de vista do seu personagem, servindo para a aplicação dos exercícios com suporte de televisões e óculos com tecnologia 3D para aumentar o nível de imersão e percepção sensorial do paciente ao jogo.

## 6 Referências Bibliográficas

- Barcala, L. et al. *Análise do equilíbrio em pacientes hemiparéticos após o treino com o programa Wii. Fisioterapia em Movimento*. Curitiba, Vol.24 No.2, Abr/Jun 2011, p.337-343
- Cameirão, M.S., Badia, S.B., Verschure, P.F.M.J. *Virtual reality based upper extremity rehabilitation following stroke: A review*. Journal of cybertherapy and rehabilitation. Brussels, Vol.1 No.1, Spring 2008, p. 63-74
- Bonorino, K.C., Borin, G.S., Silva, A.H. *Tratamento para escoliose através do método Iso-Stretching e uso de bola suíça*. Cinergis. Santa Cruz do Sul, Vol.8 No.2, Jul/Dez 2007, p.1-5
- Chang, Y.J., Chen, S.F., Huang, J.D. *A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities*. Research in Developmental Disabilities – Elsevier Science Ltd., New York, Nov/Dec 2011, Vol.32 No.6, p. 2566–2570
- Costa, A., Sousa, S.G., Oliveira, A. *A escoliose em pediatria*. Saúde Infantil, Associação de Saúde Infantil de Coimbra, Coimbra, Abril 2002, Vol. 24 No.1, p. 39-45
- Saposnik, G. et al. *Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation: A Pilot Randomized Clinical Trial and Proof of Principle*. Stroke - American Heart Association, Dallas, Maio 2010, Vol.43 No.8, p. 1477-1484
- Sousa, F.H. *Uma revisão bibliográfica sobre a utilização do Nintendo® Wii como instrumento terapêutico e seus fatores de risco*, Revista Espaço Acadêmico. Maringá, Agosto 2011, Vol.11 No.123, p. 155-160
- Gama, A.D., et al. *Ikapp A Rehabilitation Support System using Kinect*, XIV Simpósio de Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Niterói, Maio 2012
- Ferreira, E. *Paradigmas do jogar: Interação, corpo e imersão nos videogames*, VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment. Rio de Janeiro, Outubro 2009, p. 224-233
- Microsoft® Research, *Kinect® for Windows® SDK Beta - Programming Guide*, [Documentação integrada no kit de desenvolvimento Kinect SDK]. Julho 2011 CD-ROM

OpenNI, *OpenNI User Guide*, [Documentação integrada no kit de desenvolvimento OpenNI]. 2010 CD-ROM

PrimeSense, *Prime Sensor™ NITE 1.3 Algorithms notes*, [Documentação integrada no kit de desenvolvimento OpenNI]. 2010 CD-ROM

|