



INSTITUTO POLITÉCNICO
DO CÁVADO E DO AVE
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETRÓNICA E DE COMPUTADORES

PLANO DE DISSERTAÇÃO

**SISTEMA INTERACTIVO 3D PARA PREVENÇÃO DE
LESÕES POR ESFORÇO REPETITIVO NAS MÃOS**

26-10-2015

Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
A6822 - Elói Carvalho

Resumo

Uma das doenças profissionais mais abrangentes hoje em dia está relacionada com o uso excessivo de teclado e rato na utilização dos computadores pessoais. Para além disso com o crescimento de dispositivos móveis no mercado como o *smartphone* e *tablets* começam a surgir novos casos de Lesões Por esforço Repetitivo devido à utilização prolongada destes dispositivos. Com o sistema proposto pretende-se implementar um sistema interativo de prevenção de tendinites nas mãos causadas pelo uso excessivo destes dispositivos.

O sistema deverá permitir através da criação de um jogo sério, um interface para o utilizador tratar de uma forma preventiva as lesões por esforço repetitivo. O sistema será composto por um controlador *Leap Motion* 3D, capaz de monitorizar as mãos e todos os dedos e permitir ao utilizador de uma forma educativa realizar determinadas articulações com as mãos de forma a corrigir a postura no uso dos dispositivos referidos e diminuir o risco de lesões.

Palavras-chave (Tema): Tendinites, 3D, Jogo Sério, Prevenção

Palavras-chave (Tecnologias): *Leap motion*, sensores 3D

Índice

1	<i>Introdução.....</i>	<i>1</i>
1.1	Objetivos e Contribuições	2
1.2	Questões de Investigação.....	3
2	<i>Estado da Arte.....</i>	<i>5</i>
2.1	Sistemas 3D	5
2.2	Outros Sistemas	6
2.3	Camaras 3D	7
2.4	Jogos sérios na área de sistemas de visão 3D	7
2.5	Resultados avaliados por pacientes com Leap Motion.....	10
3	<i>Metodologia</i>	<i>12</i>
3.1	Leap Trainer.....	13
3.2	Levantamento dos movimentos de relaxamento para aplicação preventiva.....	14
3.3	Proposta de um possível jogo/aplicação para realizar os movimentos	16
3.4	Processo de validação	17
4	<i>Plano de Trabalhos.....</i>	<i>18</i>
5	<i>Calendarização.....</i>	<i>19</i>
6	<i>Proposta de Orientador</i>	<i>20</i>
7	<i>Bibliografia</i>	<i>21</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1 – tendão[2, p. 2]</i>	1
<i>Figura 2 – Sensor Leap Motion com uma dimensão pequena comparavelmente ao portátil[6]</i>	5
<i>Figura 3 – sensor Leap Motion capturando a imagem 3D da mão e visualização no computador pessoal[8].</i>	6
<i>Figura 4 – Esquemático com Sensores e Câmaras IR do Leap Motion[12, p. 79]</i>	7
<i>Figura 5 - Jogo de xadrez usando Leap Motion – com o gesto das mãos selecionamos e movimentamos as peças no tabuleiro [15]</i>	8
<i>Figura 6 – screenshots do jogo sério “Duck Duck Punch” a) fase do jogo b)fase calibração c) tema exemplo “Duck in Space”[16]</i>	9
<i>Figura 7 – screenshots de algumas rotinas incorporadas no jogo sério[17]</i>	10
<i>Figura 8 – O Leap Motion permite o seguimento de forma distinta da mão esquerda e direita[19]</i>	12
<i>Figura 9 – Pontos de Posição para tracking da mão[19]</i>	13
<i>Figura 10 – alongamentos das mãos [20]</i>	14
<i>Figura 11 – Exercícios do pulso para prevenção do STC[21]</i>	15
<i>Figura 12 – Alongamentos para os dedos [22]</i>	15

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 – Calendarização do Projeto</i>	19
---	----

Notação e Glossário

API	<i>Application Programming Interface</i>
CTD	<i>Cumulative Trauma Disorder</i>
HCI	<i>Human Computer Interaction</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IR	<i>Infrared</i>
LER	<i>Lesões por Esforço Repetitivo</i>
LME	<i>Lesões Musculoesqueléticas</i>
RSI	<i>Repetitive Strain Injury</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
STC	<i>Síndrome to Túnel do Carpo</i>

1 Introdução

As doenças por lesões de esforço repetitivo relacionadas com dispositivos de introdução de dados, tem aumentado nas últimas décadas, o computador tornou-se indispensável no trabalho e tem contribuído para um crescimento doenças associadas com longos períodos de trabalho repetitivo com o teclado. As lesões por esforço repetitivo (LER) são responsáveis por 10 milhões de dias de ausência de trabalho só no Reino Unido[1], com um custo calculado de £2 bilhões para a economia. Em alguns países europeus os encargos com LER com os membros superiores relacionados com o trabalho situa-se em cerca de 0,5 a 2% do Produto Nacional Bruto (PNB). Apesar da visibilidade pública não se está a atuar de forma planeada no desenvolvimento das melhores estratégias de melhoria das condições de trabalho na perspetiva da sua prevenção[2, p. 9], conhecer as lesões e adotar as medidas preventivas é o passo certo para melhorar as condições de trabalho em organizações.

As LER são lesões que resultam da ação de fatores de risco profissionais com a repetitividade, a sobrecarga e a postura adotada durante o trabalho.

As LER caracterizam-se por sintomas como dores localizadas, sensação de dormência, fadiga ou desconforto e sensação ou mesmo perda de força.

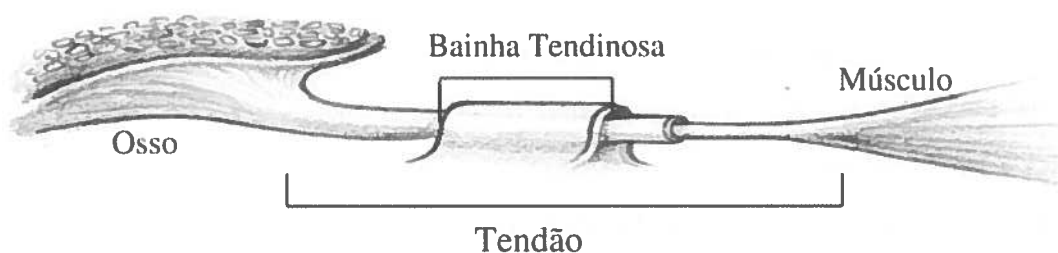


Figura 1 – tendão[2, p. 2]

As LER causadas pelo uso dos teclados e ratos são lesões localizadas ao nível dos tendões e bainhas tendinosas, como por exemplo a tendinite do punho, a epicondilite e os quistos das bainhas dos tendões, a Figura 1, acima identifica a estrutura afetada.

Os fatores de riscos associados à LER são[3]:

- Não fazer intervalos frequentes;
- Usar o computador mais de duas horas por dia;
- Trabalhos que requerem o uso constante do computador;
- Postura incorreta;
- Técnica incorreta;
- Condição médica e estilo de vida.

Além do teclado e rato causados pelo uso frequente do computador pessoal, está igualmente associado às LER, o uso de *smartphones*, de acordo com um grupo de pesquisa IDC, o mercado de *smartphones* aumentou 56% em 2010 e novas vendas irão alcançar 60% em 2014 de acordo com Investigadores da *Pyramid*, aumentos em relação aos anos transatos, o que significa que o mercado de *smartphones* está a crescer rapidamente[4]. Com as pessoas a aderirem às novas tecnologias, a forma com que digitamos nos *smartphones* e a frequência excessiva, causam a LER no pulso, o que tem sido chamado de “whatsAppitis” devido ao uso da aplicação *Whatsapp*, mas o mesmo se aplica a outras aplicações do mesmo tipo.

Publicado no jornal médico britânico *The Lancet* [5] uma médica espanhola fala sobre um caso de uma paciente que passou 6 horas do dia de Natal de 2013 a responder a mensagens recebidas no *Whatsapp*, “ela fazia movimentos contínuos com as mãos e os polegares para enviar as mensagens” e com isto desenvolveu uma nova versão LER, este distúrbio provoca dor e inflamação e pode alterar a capacidade funcional da região comprometida, não tem cura e apresenta maior incidência em pessoas que trabalham com serviços de digitação e tem postura corporal incorreta.

1.1 Objetivos e Contribuições

A prevenção é a melhor resposta para evitar as LER.

Os objetivos, do trabalho, será a criação de um método de prevenção que permita apresentar um conjunto de técnicas e postura corretas e relaxamento periódico das mãos, através de um jogo serio que terá como interface um sensor 3D com reconhecimento gestual e a visualização imediata no ecrã com ligação a um computador pessoal.

O sistema que se visa criar poderá também tratar e prevenir lesões em indivíduos utilizem comandos para consolas de jogos e que toquem certos instrumentos musicais.

Será feito o levantamento através de especialistas na área de exercícios apropriados com as mãos que permitam aliviar os tendões e ensinar ou corrigir técnicas e posturas.

Para o cumprimento dos objetivos foi predeterminado as seguintes tarefas:

- Estudo da arte de tecnologias que permitam o objetivo proposto;
- Análise de mercado dos sensores existentes;
- Desenvolvimento do interface que permita a visualização 3D das mãos no computador pessoal;
- Desenvolvimento de um jogo sério que permita a prevenção e educação para evitar as lesões musculoesqueléticas por esforço repetitivo;
- Realização de testes ao sistema.

1.2 Questões de Investigação

Para procurar que a investigação seja aplicada para o correto desenvolvimento dos objetivos, foram consideradas as seguintes questões consideradas fulcrais:

- As soluções no mercado estão adequadas com a atualidade, estão direcionadas ao uso de tecnologia recente com o uso dos smartphones?
- É possível desenvolver um sistema de baixo custo que permita uma abrangência considerável?
- Quais os temas do jogo serio, que deverão ser aplicados para motivar o utilizador?



O estudo das repostas a estas questões terão que ser abordadas igualmente junto de pessoal relacionado à área de saúde, que melhor saberão as técnicas recomendadas e estudado também junto da população quais os temas de um jogo sério que permita cativar o utilizar para o uso do sistema.

2 Estado da Arte

Para o estado da arte será feita uma revisão literária sobre LER e aplicações 3D que permitam o reconhecimento gestual das mãos.

2.1 Sistemas 3D

Os movimentos das mãos podem ser seguidos e capturados, através de sistemas óticos e não óticos. Os sistemas não óticos usam sensores de inércia que medem taxas de rotação que posteriormente são traduzidas para a construção de movimentos. Os sistemas óticos usam sensores de imagem com câmaras que captam movimentos 3D. Para o objetivo deste projeto será utilizado o sensor 3D Leap Motion, um sensor uma dimensão de 8cmx1,27cm, ocupando por isso pouco espaço numa secretária.

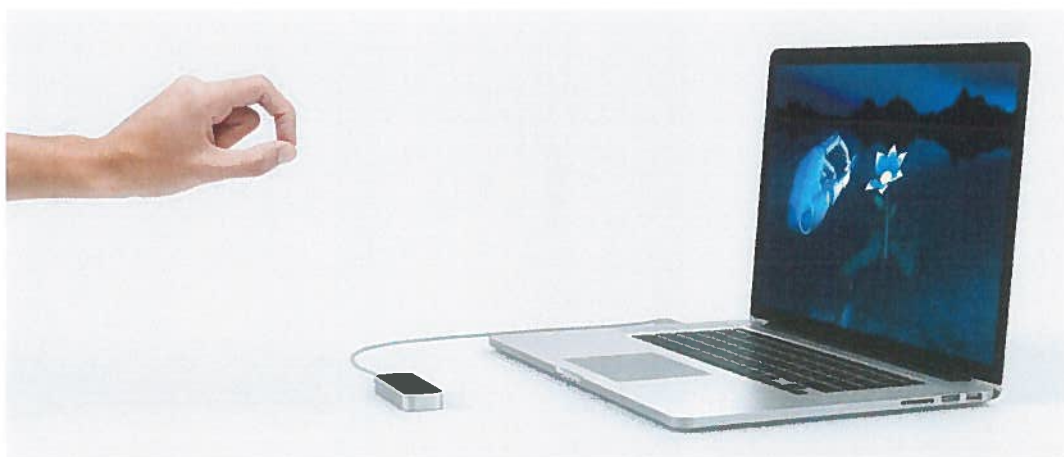


Figura 2 – Sensor Leap Motion com uma dimensão pequena comparavelmente ao portátil[6]

O sensor LM (*Leap Motion*) consegue seguir movimentos a uma taxa de 200 *frames* por segundo, com um campo de visão de 150º e com um eixo Z para profundidade, permitindo o movimento das mãos em 3D.

Em termos de precisão consegue seguir os 10 dedos até 1/100 de milímetro é entre pares a tecnologia com maior sensibilidade permitindo desenhar ou pintar numa área de 2,5 centímetros cúbicos[7]. Lançado em Julho de 2013 é considerado um interface de *hardware* para computador pessoal com ligação via USB.

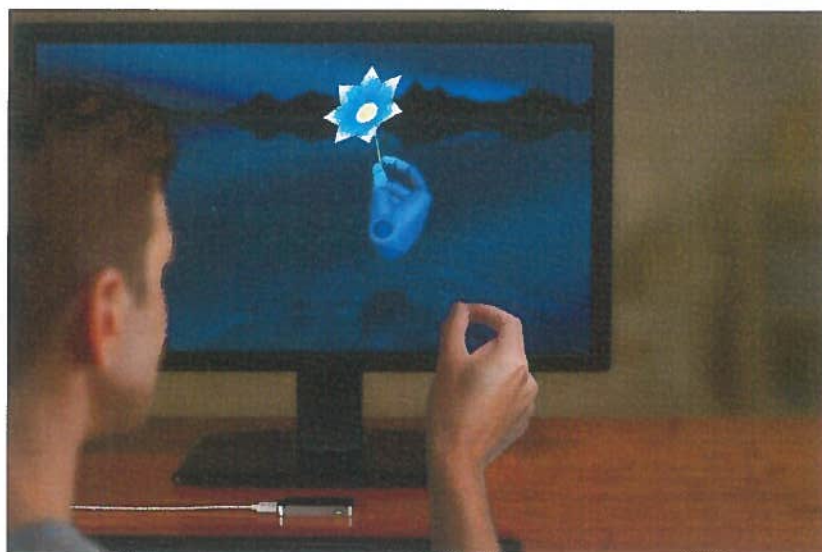


Figura 3 – sensor Leap Motion capturando a imagem 3D da mão e visualização no computador pessoal[8].

O LM é constituído por 2 câmaras monocromáticas IR e três IR leds[9]. O LP tem uma API com suporte no SDK que permite o desenvolvimento de software, com um preço de aproximadamente Eur 90,00 .

2.2 Outros Sistemas

Foram verificados sistemas similares como por exemplo aplicados a linguagem gestual, em que a técnica de reconhecimento gestual pode considerar-se próxima.

O sistema *American Sign Language Using Leap Motion*[10], indica o *Leap Motion* como uma solução mais económica e portátil do que o *Cyberglove* ou a *Kinetic*, aplicando os algoritmos de classificação *K-nearest neighbor* and *Support vector machine* demonstra uma taxa de classificação de 72.78% e 79.83% respetivamente.

Um outro sistema *Arabic Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor*[11], indica uma precisão de 88.73% numa amostra de 300 sinais, aplicando um algoritmo baseado em redes neurais: *adaptive Neur-Fuzzy Inference Systems*, que permite ao sistema uma aprendizagem supervisionada.

2.3 Camaras 3D

Desde a introdução de computadores no nosso mundo temos assistido a invenções criativas no campo HCI (*Human Computer Interaction*), dois exemplos de sucesso são a *Kinetic* da Microsoft e a *Wii* da Nintendo, a *Wii* precisa de um controlo remoto que temos que segurar durante o tempo de operação, enquanto a *Kinetic* não necessita de nenhum controlador, a diferença é que o *Leap Motion* usa sensores e câmaras de IR em vez de sensores de proximidade[12].

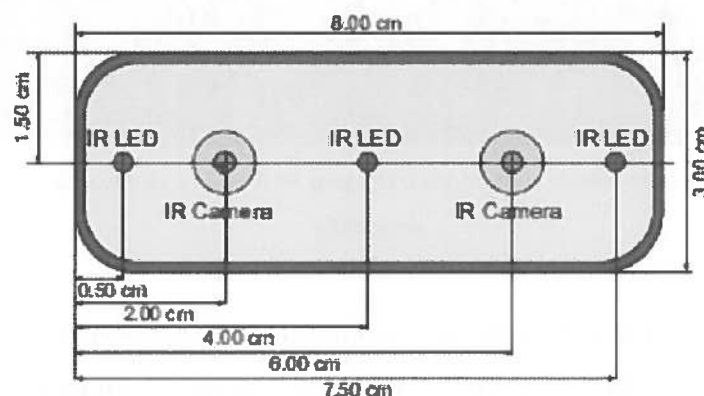


Figura 4 – Esquemático com Sensores e Câmaras IR do Leap Motion[12, p. 79]

O *Leap Motion* ou *Leap 3D* [13] segundo o fabricante é comparativamente à *Kinetic* 100 vezes mais preciso e com um preço relativamente mais baixo.

2.4 Jogos sérios na área de sistemas de visão 3D

Hoje em dia vivemos num mundo com rápidos desenvolvimentos tecnológicos, a educação convencional cada vez fica mais atrás destes desenvolvimentos. Um trabalhador moderno usa hoje em dia frequentemente aplicações multimédia e interfaces altamente interativas, tais como o email, WWW, vídeo conferências, animações gráficas, vídeo, musica, etc.. O termo jogos sérios foi vinculado num jornal *Serious Games Initiative* em 2002 [14] e consideram-se jogos que educam, treinam e informam.

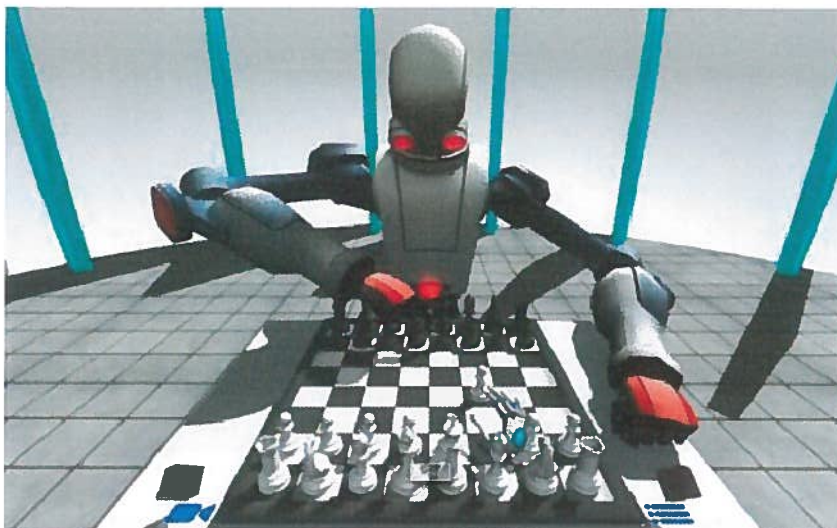


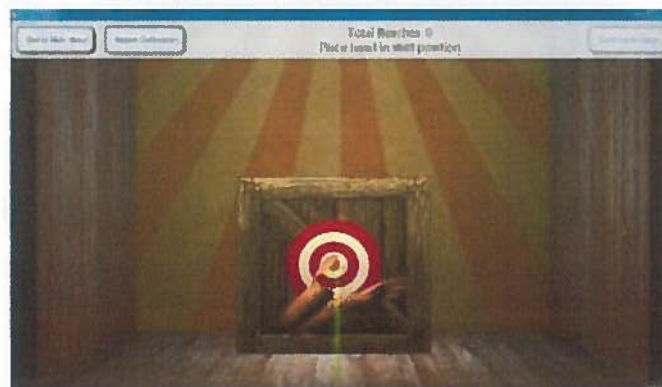
Figura 5 - Jogo de xadrez usando Leap Motion – com o gesto das mãos selecionamos e movimentamos as peças no tabuleiro [15]

Os jogos sérios são de fato uma ferramenta que potencializa a aprendizagem, nesta parte apresentamos exemplos de alguns jogos sérios com sistemas de visão 3D associados à reabilitação, de forma a mostrar o seu potencial:

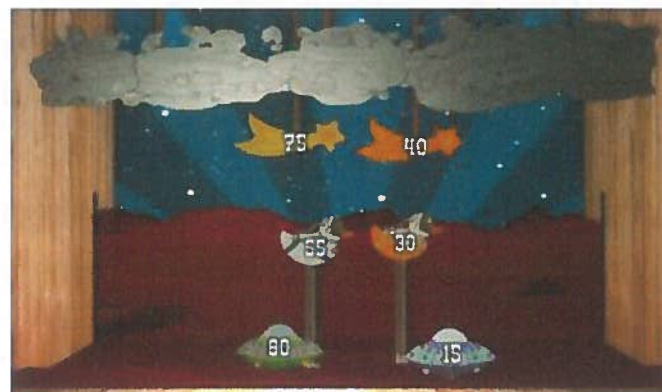
- “Duck Duck Punch” para pós-AVC neuro reabilitação [16] – O jogo sério neste projeto permite através da Microsoft Kinect a um paciente interagir com um jogo virtual movendo um braço debilitado, o jogo faz com que os movimentos realizados pelo paciente com o braço de forma debilitada, no campo do jogo estes pareçam movimentos normais. Dados de estudos anteriores sugerem que o sistema poderá ser efetivamente auxiliado na reabilitação com este método.



(a) Game Stage



(b) Calibration Stage



(c) An example theme: "Ducks in Space"

Figura 6 – screenshots do jogo sério "Duck Duck Punch" a) fase do jogo b) fase calibração c) tema exemplo "Duck in Space"[16]

- Os jogos sérios estão rapidamente a crescer em área de aplicações de cuidados de saúde, "Kinect-o-Therapy " envolve a implementação de rotinas de exercícios destinado a diferentes partes do corpo, auxiliando pessoas com

deficiências motoras decorrentes de paralisia cerebral, lesões medulares, AVC e doenças musculares hereditárias entre outros, a fim de ajudar na reabilitação dos pacientes. Fisioterapeutas e pacientes demonstraram que o jogo sério “Kinect-o-Therapy” contribui para uma alternativa na reabilitação, sendo fácil de usar, motivacional e bastante envolvente.

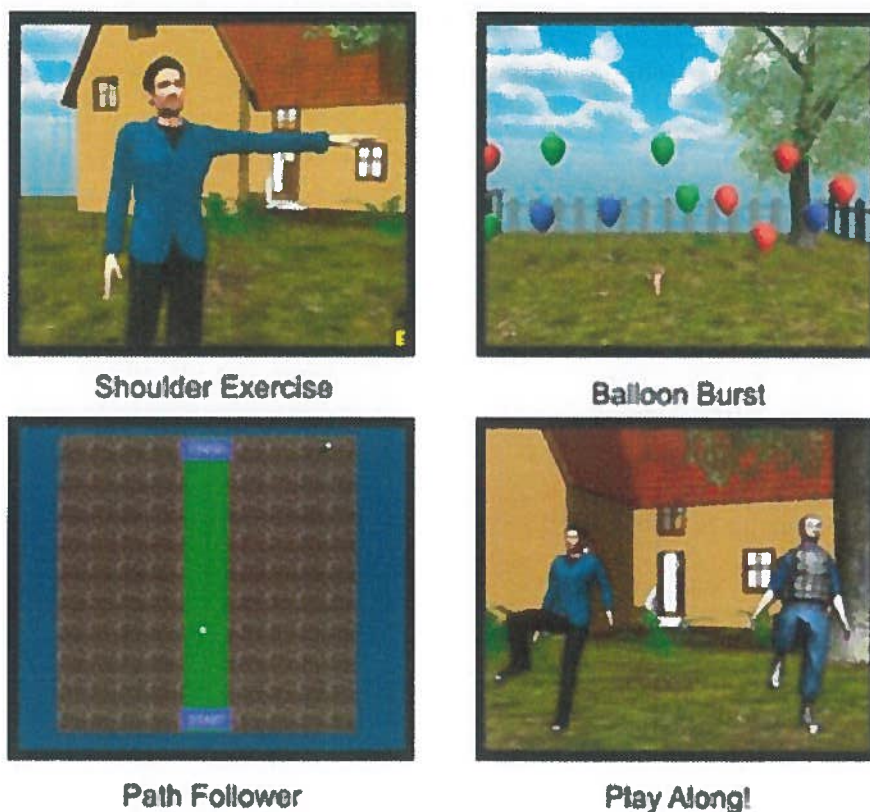


Figura 7 – screenshots de algumas rotinas incorporadas no jogo sério[17]

2.5 Resultados avaliados por pacientes com Leap Motion

Através da análise de resultados de trabalhos com a interação do Leap Motion e jogos sérios, podemos avaliar os níveis de aprendizagem com recurso a esta tecnologia comparativamente a outros métodos de introdução de dados como por exemplo o teclado e o rato. O trabalho “Teaching Arabic Sign Language through na interactive Web based serious game”[18] verifica que os pacientes demonstraram uma evolução no nível de aprendizagem. A evolução de aprendizagem depende de um paciente para outro e a melhoria dos resultados depende de vários fatores, incluindo a habilidade

de análise, a performance gestual, a velocidade, concentração, motivação e interação com o jogo. O uso do *Leap Motion* permite aos pacientes uma experiência diferente de cursos tradicionais e uma perspetiva mais próxima de contextos reais.

Não foram encontrados até ao momento de escrita desta proposta de plano de dissertação, projetos com reconhecimento gestual aplicados a Lesões Por Esforço Repetitivo, foram realizadas embora em tempo limitado pesquisas em motores de busca WWW, Google e Yahoo e na ferramenta de pesquisa de papers, B-On, IEEE e ScienceDirect.com.

3 Metodologia

Para este trabalho, irão ser realizadas determinadas tarefas compreendidas entre a investigação, como revisão da literatura e o desenvolvimento do sistema.

O sistema a desenvolver visa melhorar ou agir de forma preventiva sobre os casos de LER, estudando formas de correção de postura e de aperfeiçoamento de técnicas, no uso do teclado, rato, *smartphones* e outras atividades inerentes ao LER.

Não foi detetado até ao momento nenhum projeto com objetivo semelhante, contudo o foco a seguir será de obter um sistema de baixo custo, fácil de usar, intuitivo e que prenda o utilizador, para que o use periodicamente.

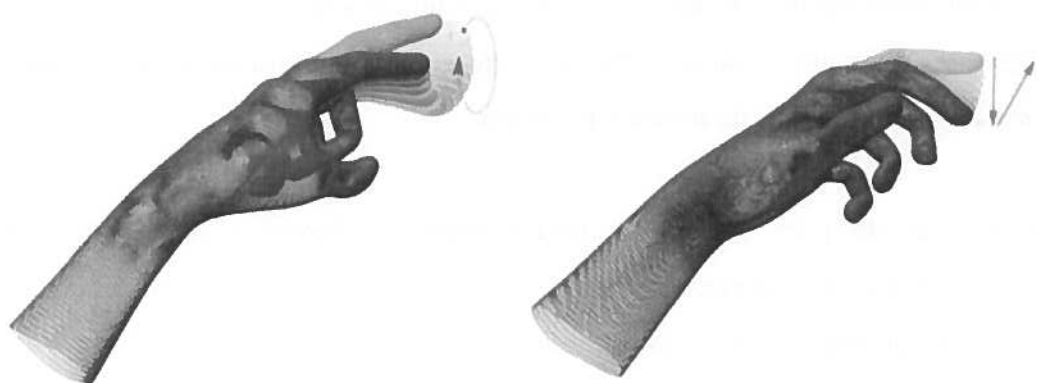


Figura 8 – O Leap Motion permite o seguimento de forma distinta da mão esquerda e direita[19]

O Jogo sério a ser criado deverá ser apelativo, que permita de uma forma educativa corrigir posturas e técnicas, assim como o relaxamento das mãos libertando por pequenos intervalos dos métodos de introdução, o teclado e o rato.

Deverá também libertar o *stress* musculoesquelético do uso de *smartphones* e computadores pessoais.



Figura 9 – Pontos de Posição para tracking da mão[19]

O desenvolvimento do jogo deverá seguir o SDK do LM e para a construção do jogo, deverá ser feita um levantamento da linguagem de programação que melhor corresponde ao objetivo do trabalho proposto.

Os cenários do jogo serão determinados de forma a corresponder às determinadas opções do jogo:

- Relaxamento das mãos (movimentos livres);
- Corrigir postura e técnica uso Rato;
- Corrigir postura e técnica uso teclado;
- Corrigir postura e técnico do uso do *smartphone*;
- Jogo Livre (um jogo didático).

3.1 Leap Trainer

O *Leap Trainer* é uma plataforma de apoio ao desenvolvimento do *Leap Motion*, capaz de aprender e posteriormente reconhecer gestos e poses.

As funções capazes de registar e reconhecer gestos, tem como propósito a exploração de mecanismos que aumentem a performance destas funções, atualmente existem 3 sub classes que podem ser integradas no Leap Trainer para experimentação:

- Reconhecimento por correlação-cruzada;
- Gravador de Alta-Resolução;
- Reconhecimento por redes-neurais.

Esta ferramenta será um ponto de partida para o sistema a criar, permitindo explorar alternativas, captar com maior eficiência os gestos a registar e no desenvolvimento de algoritmos de reconhecimento.

3.2 Levantamento dos movimentos de relaxamento para aplicação preventiva.

Para o levantamento dos movimentos para ações preventivas das LER nas mãos, foram consultadas, clínicas de fisioterapia da área de Barcelos. Os movimentos indicados pertencem ao grupo dos alongamentos.

A prática de alongamentos nas mãos aumenta a flexibilidade e reduz o risco de lesões sendo importante o alongamento periódico especialmente em casos de esforços por longos períodos de tempo.

Os movimentos numa abordagem inicial a serem realizados durante os intervalos do uso de teclado ou rato serão os seguintes:

- **Movimentos das mãos:**

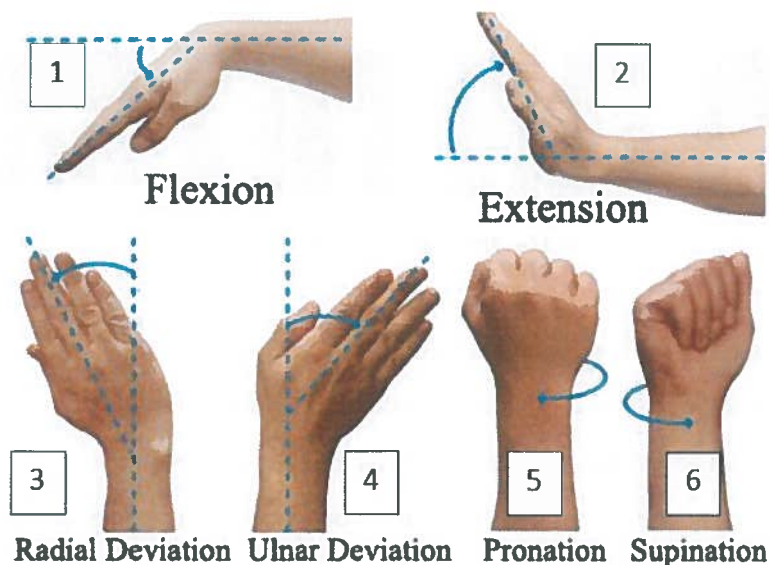


Figura 10 – alongamentos das mãos [20]

1. Flexão;
2. Extensão;
3. Desvio Radial;
4. Desvio Ulnar;
5. Pronação;
6. Supinação.

• **Exercícios dos pulsos:**



Figura 11 – Exercícios do pulso para prevenção do STC[21]

1. Unir os dedos das duas mãos de forma simétrica e alongar;
2. Agitar as mãos;
3. Alongamento Armstrong.

• **Movimentos dos dedos:**



Figura 12 – Alongamentos para os dedos [22]

1. Fechar a mão e esticar os dedos alargadamente;
2. Juntar os dedos e afastar os dedos o máximo possível;
3. Dobras e esticar as duas primeiras junções dos dedos;
4. Tocar com o polegar na base do dedo pequeno (1-3); Fazer um “o” entre o polegar e os outros dedos.

3.3 Proposta de um possível jogo/aplicação para realizar os movimentos

Para a criação do sério, será realizado as seguintes tarefas:

- **Ideia**

1. O jogo deverá ter um símbolo, um desenho animado, que deverá mostrar uma reação de contente ou triste, conforme a utilização do jogo, em que as mãos aparecem respetivamente levantadas ou caídas.
2. Os movimentos realizados pelo utilizador irão fazer uma verificação com os movimentos pedidos e um contador será incrementado quando esses movimentos forem realizados com sucesso.

- **Análise**

1. O jogo deve motivar para que o utilizador continue a jogar e a aprender, será procurado envolver emocionalmente o utilizador criando uma sensação de prazer com o jogo.
2. O jogo poderá ser aplicado a organizações em que os funcionários utilizem o teclado e o rato, por longos períodos de tempo.

- **Desenho**

1. Os exercícios com as mãos enunciados no ponto anterior deverão ser realizados em séries de 10 vezes cada exercício, o jogo vai contar o numero de vezes que o utilizador efetuou com sucesso os exercícios e dar feedback ao utilizador, os dados poderão ser consultados e analisados posteriormente por dias de trabalho, semanas ou outros períodos de tempo.
2. O jogo deverá ter um evento através de um contador por exemplo de duas em duas horas em que deverá alertar o utilizador, para efetuar o jogo.
3. O Jogo deverá dar feedback da performance do utilizador, com uma pontuação obtida com os movimentos realizados.

4. Gravar os dados, pretende-se gravar o histórico das interações do utilizador com o jogo.
5. Ajuda, o utilizador deverá ter a opção de ajuda em cada ação do jogo.
6. Por cada jogo existirá um temporizador, para que o utilizador efetue dentro do tempo estipulado os movimentos pedidos pelo jogo.
7. Conquistas, o jogo deverá premiar o utilizador, peça realização dos jogos de prevenção.

3.4 Processo de validação

Para o processo de validação do jogo, irá ser constituído dois grupos de utilizadores, um que não utilize o jogo criado e outro que utilize o jogo, e posteriormente através de respostas a um questionário, procurar-se-á demonstrar a utilidade do sistema.

4 Plano de Trabalhos

As fases do trabalho proposto são as seguintes:

1. Anteprojeto
 - a. Discussão inicial do projeto, primeiro levantamento do problemas e enumerar possíveis soluções e abordagens;
2. Estado da arte
 - a. Levantamento de postura correta, técnicas e conselho especialista de saúde;
 - b. Dispositivos 3D existentes no mercado, qual a melhor solução;
 - c. Jogo serio, desenho e projeto do jogo;
 - d. Início da escrita da dissertação;
3. Desenvolvimento
 - a. Desenvolvimento da interface 3D Leap Motion através do SDK;
 - b. Desenvolvimento do jogo;
 - c. Escrita da dissertação;
4. Testes
 - a. Testes interface 3D;
 - b. Testes jogo;
 - c. Escrita dissertação;
5. Conclusão
 - a. Análise do produto desenvolvido;
 - b. Objetivos alcançados;
 - c. Finalização da escrita da dissertação.

5 Calendarização

Tabela 1 – Calendarização do Projeto

FASES	2015					2016				
	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
1. Anteprojecto										
a. Discussão inicial do projeto, primeiro levantamento do problemas e enumerar possíveis soluções e abordagens										
2. Estado da arte										
a. Levantamento de postura correta, técnicas e conselho especialista de saúde										
b. Dispositivos 3D existentes no mercado, qual a melhor solução										
c. Jogo serio, desenho e projeto do jogo										
d. Início da escrita da dissertação										
3. Desenvolvimento										
a. Desenvolvimento da Interface 3D Leap Motion através do SDK										
b. Desenvolvimento do jogo										
c. Escrita da dissertação										
4. Testes										
a. Testes Interface 3D										
b. Testes Jogo										
c. Escrita dissertação										
5. Conclusão										
a. Análise do produto desenvolvido										
b. Objetivos alcançados										
c. Finalização da escrita da dissertação										



6 Proposta de Orientador

Professor Doutor Vítor Carvalho - IPCA – Instituto Politécnico do Cávado e do Ave -
vcarvalho@ipca.pt

7 Bibliografia

- [1] S. Mills, S. Saadat, and D. Whiting, "Is voice recognition the solution to keyboard-based RSI?," *2006 World Autom. Congr. WAC'06*, pp. 1–6, 2007.
- [2] P. Nacional, C. As, a S. Reum, A. D. S. Uva, F. Carnide, F. Serranheira, L. C. Miranda, and M. F. Lopes, "Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas com o Trabalho," p. 28, 2008.
- [3] "Repetitive Strain Injury: How to prevent, identify, and manage RSI." [Online]. Available: <http://web.eecs.umich.edu/~cscott/rsi.html>. [Accessed: 03-Jul-2015].
- [4] Y. M. Kang, C. Cho, and S. Lee, "Analysis of factors affecting the adoption of smartphones," *Technol. Manag. Conf. (ITMC), 2011 IEEE Int.*, pp. 919–925, 2011.
- [5] I. M. Fernandez-Guerrero, "'WhatsAppitis'." *Lancet (London, England)*, vol. 383, no. 9922, p. 1040, Mar. 2014.
- [6] "Leap Motion | 3D Motion and Gesture Control for PC & Mac." [Online]. Available: <https://www.leapmotion.com/product/desktop>. [Accessed: 05-Oct-2015].
- [7] "Leap Motion | 3D Motion and Gesture Control for PC & Mac." [Online]. Available: <https://www.leapmotion.com/product>. [Accessed: 05-Jul-2015].
- [8] "Leap Motion | 3D Motion and Gesture Control for PC & Mac." [Online]. Available: <https://www.leapmotion.com/product/v2>. [Accessed: 05-Oct-2015].
- [9] K. F. Li, a.-M. Sevcenco, and L. Cheng, "Impact of sensor sensitivity in assistive environment," *Proc. - 2014 9th Int. Conf. Broadband Wirel. Comput. Commun. Appl. BWCCA 2014*, no. August 2013, pp. 161–168, 2014.

- [10] C.-H. Chuan, E. Regina, and C. Guardino, "American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor," *2014 13th Int. Conf. Mach. Learn. Appl.*, pp. 541–544, 2014.
- [11] A. S. Elons, M. Ahmed, H. Shedid, and M. F. Tolba, "Arabic Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor," pp. 368–373, 2014.
- [12] D. Bassily, C. Georgoulas, J. Güttler, T. Linner, T. Bock, and T. U. München, "Intuitive and Adaptive Robotic Arm Manipulation using the Leap Motion Controller," *Int. Symp. Robot.*, pp. 78–84, 2014.
- [13] "Leap 3D motion control system is 100 times more accurate than Kinect, will cost \$69.99 | The Verge." [Online]. Available: <http://www.theverge.com/2012/5/21/3033634/leap-3d-motion-control-system-video>. [Accessed: 04-Oct-2015].
- [14] J. C. K. H. Riedel and J. B. Hauge, "State of the art of serious games for business and industry," *2011 17th Int. Conf. Concurr. Enterprising*, no. Ice, pp. 1–8, 2011.
- [15] "Leap Motion App Store | Robot Chess." [Online]. Available: <https://apps.leapmotion.com/apps/robot-chess/windows>. [Accessed: 08-Jul-2015].
- [16] P. S. Dukes, A. Hayes, L. F. Hodges, and M. Woodbury, "Punching ducks for post-stroke neurorehabilitation: System design and initial exploratory feasibility study," *IEEE Symp. 3D User Interface 2013, 3DUI 2013 - Proc.*, pp. 47–54, 2013.
- [17] A. K. Roy, S. Member, Y. Soni, and S. Dubey, "Enhancing Effectiveness of Motor Rehabilitation Using Kinect Motion Sensing Technology," *Glob. Humanit. Technol. Conf. South Asia Satell. (GHTC-SAS), 2013 IEEE*, pp. 298–304, 2013.
- [18] E. Lotfi and B. Mohammed, "Teaching Arabic Sign Language through an Interactive Web based Serious Game," vol. 116, no. 3, pp. 12–18, 2015.
- [19] "Getting Started with the Leap Motion SDK." [Online]. Available: <http://blog.leapmotion.com/getting-started-leap-motion-sdk/>. [Accessed: 05-Jul-2015].

- [20] "Physical Therapy Management Of Colles Fracture - Morphopedics." [Online]. Available: <http://morphopedics.wikidot.com/physical-therapy-management-of-colles-fracture>. [Accessed: 24-Oct-2015].

- [21] "3 Wrist Exercises to Prevent Carpal Tunnel." [Online]. Available: <http://www.healthline.com/health/carpal-tunnel-wrist-exercises#3>. [Accessed: 20-Oct-2015].

- [22] "And S-T-R-E-T-C-H Part 2 - Are you looking after your arms and hands? - denise cowle editorial services." [Online]. Available: <http://www.denisecowleeditorial.com/blog/and-s-t-r-e-t-c-h-part-2-are-you-looking-after-your-arms-and-hands>. [Accessed: 24-Oct-2015].

