

# PhisioPlay: um software para avaliação da amplitude de movimento e treinamento

Lucas Fecho Marin<sup>1</sup>, Paulo Alexandre Bressan<sup>1</sup>, Leonardo César Carvalho

<sup>1</sup>Laboratório de Tecnologia Educacional – Universidade Federal de Alfenas – Alfenas – MG, Brasil

**Abstract.** *This paper describes the development of a software for the evaluation of the range of motion and training of patients under physiotherapeutic treatment and the usability evaluation of the same. The patient has their movements tracked by the Kinect® motion sensor and receives a visual biofeedback indicating an angle reached and suggesting corrections to the computer screen. Data collected during a session is stored in a worksheet for evaluation by a physiotherapist.*

**Resumo.** *Este artigo descreve o desenvolvimento de um software para avaliação da amplitude de movimento e treinamento de pacientes em tratamento fisioterapêutico e a avaliação de usabilidade do mesmo. O paciente tem seus movimentos rastreados pelo sensor de movimentos Kinect® e recebe um biofeedback visual indicando a angulação alcançada e sugerindo correções pela tela do computador. Os dados coletados durante a sessão são armazenados em planilha para avaliação por um fisioterapeuta.*

## 1. Introdução

A flexibilidade é uma qualidade física que depende da elasticidade muscular e da mobilidade articular, considerada como a amplitude de movimento de uma articulação, é fundamental na execução de atividades físicas para que não ocorram lesões. (Farinatti, 2000).

A goniometria é a medida de ângulos articulares existentes nas articulações do corpo humano e o instrumento mais utilizado para mensurar a amplitude de movimento é o goniômetro universal (Marques, 2014). Utilizar dispositivos como o goniômetro para medir a amplitude de um movimento exige experiência no manuseio, o que aumenta a possibilidade de erros durante a medição e na maioria das vezes os resultados são armazenados em folhas de papel, tornando mais difícil o processamento dos dados obtidos, além de oferecer pouco ou nenhum *feedback* ao paciente.

Atualmente existem várias tecnologias para captação do movimento corporal por meio de sensores, dentre eles, o Kinect®, que utiliza de câmeras para detectar um indivíduo e os pontos do seu esqueleto em tempo real. Para Hondori (2014), o Kinect® pode ser uma ferramenta para reabilitação física devido a baixo custo e precisão adequada, além de ser o dispositivo mais apropriado quando é necessário o movimento completo do corpo.

De acordo com Santos (2012), a confiabilidade na mensuração de uma medida depende de alguns fatores, tais como: habilidade do examinador, instrumento utilizado, articulação avaliada e movimento testado. Com o uso do Kinect® e de algoritmos fazendo os cálculos, esses fatores deixam de existir e no final de uma sessão os dados

estarão disponíveis em uma planilha para serem avaliados pelo fisioterapeuta.

Alguns estudos exploram a possibilidade de usar realidade virtual como forma de apoio terapêutico, contornando os impasses que podem ocorrer em terapias tradicionais baseadas em recursos humanos, com o objetivo de promover motivação nos tratamentos de reabilitação, como foi feito por Beaulieu-Boire(2015) para o treinamento de equilíbrio com pessoas idosas. Kalron (2016) utilizou um sistema de realidade virtual para o treinamento de equilíbrio em pessoas com esclerose múltipla e concluiu que esse tipo de tratamento pode ser um complemento, além de ser bem aceito. Alves (2017) descreve em seu artigo a influência de *exergames* sobre a fadiga relacionada ao câncer.

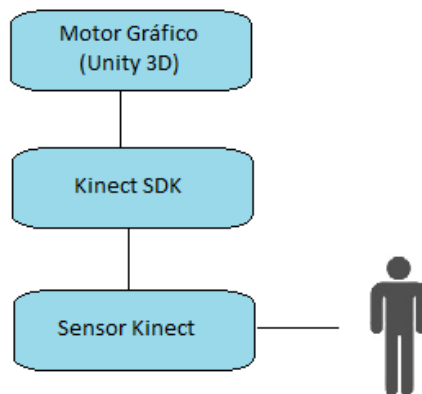
Segundo Chang (2011), somente 31% das pessoas que estão em processo de reabilitação conseguem efetuar seus exercícios como recomendado pelo fisioterapeuta, seja pelo fato do processo ser cansativo, pelo fato de muitas vezes os equipamentos serem desconfortáveis ou ainda por algum fator estético social. Para Lozano-Quilis (2014), os métodos para reabilitação motora de pacientes com problemas neurológicos têm dois problemas fundamentais. O primeiro deles é que, na maioria das vezes, são repetitivos e pouco motivadores, fazendo com que o paciente perca o interesse. Segundo, exigem que o paciente estejam em um lugar específico com um profissional para garantir o desempenho correto.

Visto que o *software* não faz uso de equipamentos ligados ao paciente, esse modelo de avaliação não causa desconforto e quando utilizado para treinamento, se torna um método menos cansativo e mais estimulante devido a interação com um ambiente virtual. Ferraz (2012) diz que os *softwares* desenvolvidos para auxiliar na reabilitação podem, com a ajuda do Kinect®, motivar o paciente durante o tratamento ou mesmo guiá-lo para que os exercícios sejam efetuados de maneira correta.

Esse trabalho visa desenvolver um ambiente virtual com *biofeedback* visual, onde estímulos são gerados na tela para que o paciente execute determinado movimento, de forma que o fisioterapeuta possa avaliá-lo posteriormente e a medição da amplitude seja feita de forma mais precisa utilizando o Kinect® para detecção do movimento. Além disso, também seja utilizado para treinamento de paciente com alguma deficiência física, minimizando os erros na execução do exercício e aumentando o incentivo.

## **2. Ambiente de desenvolvimento**

Para utilizar o software é necessário um computador com o Kinect® SDK instalado para que o Kinect® seja reconhecido e funcione normalmente. Depois de tudo configurado basta apenas que o paciente fique em frente ao Kinect® para que seja feito o reconhecimento e a captura das articulações necessárias para o cálculo do ângulo conforme exercício escolhido.



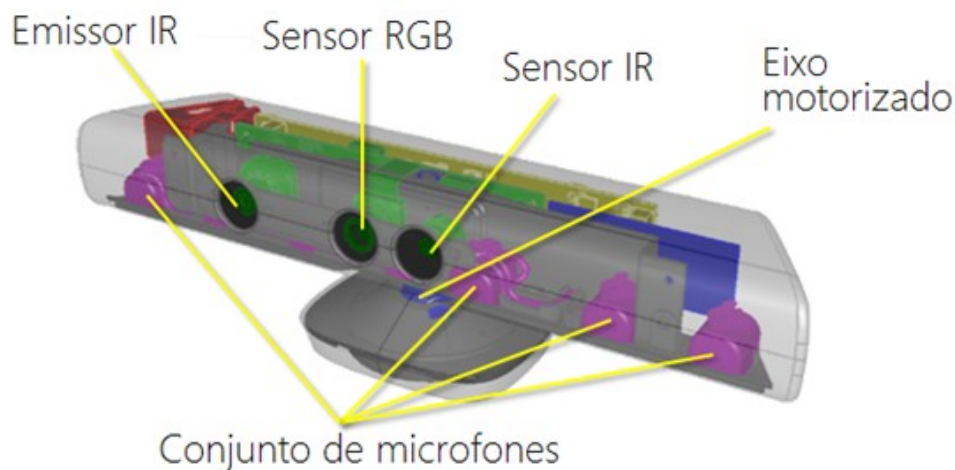
**Figura 1. Diagrama do ambiente de desenvolvimento**

### 2.1. Sensor de Movimentos Kinect®

O Kinect® é um sensor de movimentos desenvolvido pela Microsoft junto com a PrimeSense. O sistema do sensor é capaz de captar movimentos do corpo humano posicionado em sua frente, assim crianças e adultos podem interagir com o aparelho sem o uso de *joysticks*.

O Kinect® é composto por uma câmera para captura de cor, que permite reconhecimento fácil do usuário, um emissor de raios infravermelhos, uma câmera de profundidade, para a captura dos raios infravermelhos no ambiente, além de uma coleção de microfones capazes de detectar a voz do usuário e isolar o som ambiente (Figura 2).

O sensor cobre um espaço 3D de aproximadamente 4 metros de profundidade e um campo de visão angular de 30 graus para a direita e para a esquerda.



**Figura 2. Sensor de movimentos Kinect®**

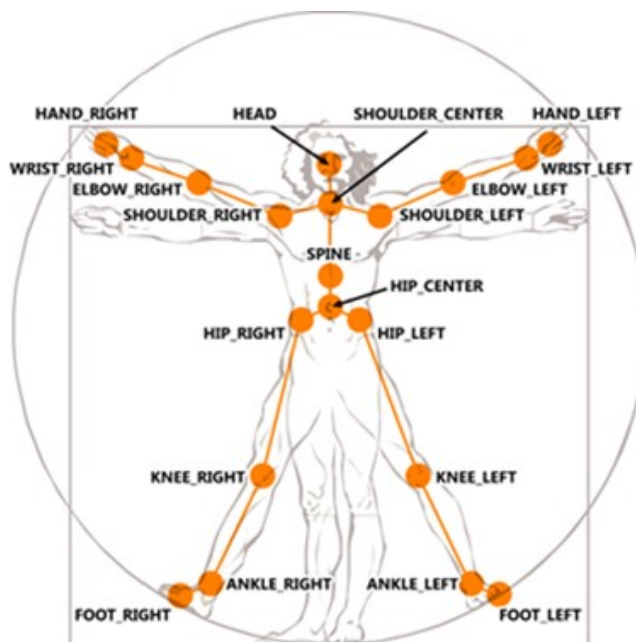
Disponível em: <https://www.casadocodigo.com.br/pages/sumario-kinect>

### 2.2. Kinect® SDK

O Kinect® SDK é disponibilizado gratuitamente pela Microsoft e possui todas as

ferramentas necessárias ao desenvolvedor, incluindo os drivers de comunicação entre o sensor e a máquina. O software possui suporte às linguagens de programação C++, C# e Visual Basic.

A API Skeletal Tracking, que vem juntamente do SDK do Kinect®, disponibiliza ao desenvolvedor a posição no espaço (x, y, z) de cada articulação do usuário que estiver posicionado em frente ao sensor, tornando possível o rastreamento de todos os seus movimentos (Figura 3).



**Figura 3. Pontos do esqueleto captados pelo Kinect**

Disponível em: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.kinect.jointtype.aspx>

### 2.3 Unity 3D

O Unity 3D é um motor de jogo e uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de jogos em diferentes plataformas, possuindo uma interface de fácil manuseio. Possui uma versão paga, que conta com alguns recursos extras e uma versão gratuita.

## 3. O PhisioPlay

O software funciona de maneira bem simples e fácil, basicamente o paciente fica em frente o Kinect® realizando os movimentos que são propostos no monitor. Por meio de cálculos realizados com os pontos do esqueleto que são captados em tempo real, o software vai dando um *biofeedback* para o paciente.

### 3.1 Funcionamento do software

Quando um paciente é selecionado é aberta a tela para configurar a sessão (Figura 3), nela é definida a articulação que será realizado o exercício (ombro ou quadril), o lado da articulação (direito ou esquerdo) o tempo de duração da sessão, o intervalo de tempo em

que os ângulos de *feedback* vão aparecer na tela, o tempo de gravação em segundos que os dados serão gravados no arquivo de saída e os ângulos que o paciente tentará alcançar. Além de configurar a sessão, nessa tela também é possível editar os dados do paciente.



**Figura 4. Tela de configuração da sessão**

### 3.2 Sessão

Quando se inicia uma sessão alguns itens são mostrados na tela para orientar o paciente na realização do movimento (Figura 5). Após cinco segundos do início, o canto superior esquerdo são os mostrados os ângulos que se deseja que o paciente alcance e no canto superior direito o ângulo que ele está alcançando no momento, se o movimento está sendo feito de forma errada, uma mensagem é exibida para que instruir o paciente a corrigi-lo (Figura 6).

Conforme o ângulo pedido para o paciente alcançar muda, sua cor muda também para chamar a atenção do paciente que mudas vezes está focado na angulação que está alcançando e não repara na troca.



**Figura 5. Sessão em andamento**



**Figura 6. Mensagem orientando o paciente para que seja feita a correção do movimento**

Ao término de uma sessão é gerada uma planilha contendo o horário atual, o ângulo a ser alcançado e o ângulo que o paciente conseguiu alcançar, dessa forma, o fisioterapeuta pode examinar esses dados posteriormente e identificar se o paciente conseguiu alcançar a angulação desejada e em quanto tempo ele chegou nessa angulação.

#### 4. Testes de usabilidade realizados

Para avaliação do software foram realizados teste de usabilidade com alunos do curso de fisioterapia da Universidade Federal de Alfenas. Esses testes foram realizados com intuito de avaliar a utilização do PhisioPlay em sessões de fisioterapia.

O questionário de usabilidade utilizado foi o SUS (*System Usability Scale*), que é composto por dez questões (Tabela 1) com cinco opções, variando de discordo fortemente (1) a concordo fortemente (5), desenvolvido por Brooke(1996). O SUS tornou-se um padrão da indústria e possui referência em mais de 1300 artigos e publicações, sendo um método fácil de aplicar e com resultados confiáveis, ele mede a efetividade, eficiência e satisfação. Tem sido disponibilizado gratuitamente para pesquisas com a condição de que seja dado o devido reconhecimento a sua origem, isto é, à Digital Equipment Co. Ltd., Reading (UK).

|            |   |
|------------|---|
| <b>Q1</b>  | Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.                                     |
| <b>Q2</b>  | Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.  |
| <b>Q3</b>  | Eu achei o sistema fácil de usar.   |
| <b>Q4</b>  | Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema. |
| <b>Q5</b>  | Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.                          |
| <b>Q6</b>  | Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.   |
| <b>Q7</b>  | Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.                      |
| <b>Q8</b>  | Eu achei o sistema atrapalhado de usar  |
| <b>Q9</b>  | Eu me senti confiante ao usar o sistema.  |
| <b>Q10</b> | Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.                   |

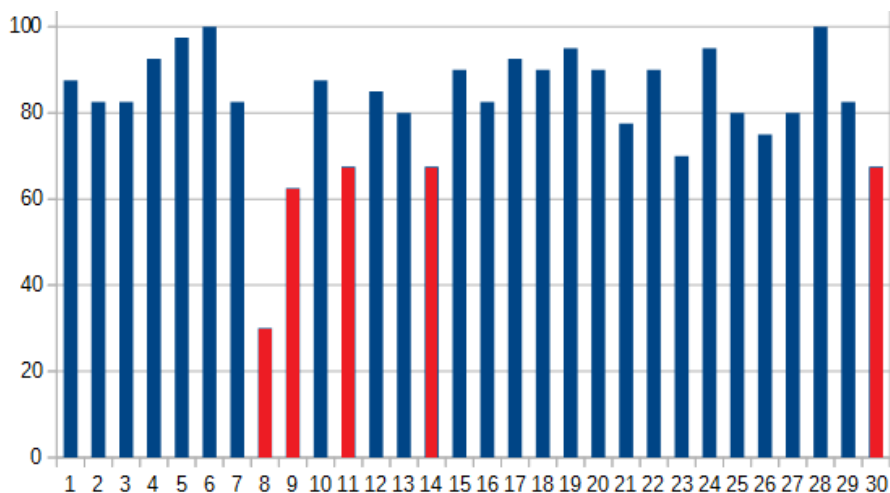
**Tabela 1. Questões do questionário SUS**

##### 4.1 Resultados

A pontuação SUS varia de 0 a 100, cada questão do questionário possui um peso, para calcular a pontuação é necessário subtrair 1 da resposta que o usuário respondeu para questões ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), para as respostas pares (2, 4, 6, 8 e 10) é subtraído de 5 a resposta que o usuário respondeu e por fim os valores são somados e multiplicados por 2,5, porém essa pontuação não é uma porcentagem, sua média é de 68 pontos, abaixo disso significa que o software possui problemas de usabilidade. O teste foi aplicado para 30 pessoas (Tabela 2) e ficou abaixo da média apenas 5 vezes, como mostra o gráfico (Figura 7).

|              | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 | Q6 | Q7 | Q8 | Q9 | Q10 | Total |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|
| Avaliador 1  | 5  | 1  | 3  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 4  | 3   | 87,5  |
| Avaliador 2  | 4  | 1  | 5  | 1  | 4  | 1  | 3  | 1  | 4  | 3   | 82,5  |
| Avaliador 3  | 4  | 1  | 3  | 1  | 2  | 1  | 5  | 1  | 4  | 1   | 82,5  |
| Avaliador 4  | 3  | 2  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1   | 92,5  |
| Avaliador 5  | 4  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1   | 97,5  |
| Avaliador 6  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1   | 100   |
| Avaliador 7  | 3  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 4  | 5   | 82,5  |
| Avaliador 8  | 3  | 3  | 2  | 4  | 1  | 5  | 1  | 4  | 3  | 2   | 30    |
| Avaliador 9  | 5  | 1  | 1  | 3  | 5  | 1  | 1  | 5  | 4  | 1   | 62,5  |
| Avaliador 10 | 3  | 1  | 5  | 1  | 3  | 1  | 4  | 1  | 5  | 1   | 87,5  |
| Avaliador 11 | 3  | 2  | 3  | 1  | 4  | 3  | 5  | 2  | 3  | 3   | 67,5  |
| Avaliador 12 | 1  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 3  | 1   | 85    |
| Avaliador 13 | 3  | 1  | 3  | 1  | 4  | 1  | 3  | 1  | 4  | 1   | 80    |
| Avaliador 14 | 2  | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 4  | 2  | 3  | 1   | 67,5  |
| Avaliador 15 | 4  | 1  | 4  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 3  | 1   | 90    |
| Avaliador 16 | 5  | 1  | 2  | 1  | 5  | 2  | 5  | 2  | 4  | 2   | 82,5  |
| Avaliador 17 | 5  | 1  | 5  | 3  | 5  | 1  | 4  | 1  | 5  | 1   | 92,5  |
| Avaliador 18 | 5  | 1  | 4  | 3  | 5  | 1  | 4  | 1  | 5  | 1   | 90    |
| Avaliador 19 | 5  | 1  | 5  | 1  | 4  | 2  | 5  | 1  | 5  | 1   | 95    |
| Avaliador 20 | 4  | 1  | 5  | 2  | 4  | 1  | 5  | 1  | 4  | 1   | 90    |
| Avaliador 21 | 4  | 3  | 3  | 1  | 4  | 1  | 3  | 1  | 4  | 1   | 77,5  |
| Avaliador 22 | 3  | 1  | 5  | 1  | 4  | 1  | 5  | 1  | 4  | 1   | 90    |
| Avaliador 23 | 3  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 1  | 5  | 3  | 1   | 70    |
| Avaliador 24 | 3  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1   | 95    |
| Avaliador 25 | 2  | 1  | 1  | 1  | 5  | 1  | 4  | 1  | 5  | 1   | 80    |
| Avaliador 26 | 3  | 1  | 3  | 1  | 3  | 1  | 5  | 1  | 2  | 2   | 75    |
| Avaliador 27 | 5  | 2  | 4  | 3  | 5  | 2  | 4  | 1  | 3  | 1   | 80    |
| Avaliador 28 | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1  | 5  | 1   | 100   |
| Avaliador 29 | 5  | 1  | 3  | 3  | 5  | 1  | 5  | 1  | 4  | 3   | 82,5  |
| Avaliador 30 | 3  | 2  | 3  | 1  | 4  | 2  | 3  | 2  | 3  | 2   | 67,5  |

**Tabela 2. Respostas de cada avaliador**



**Figura 7. Gráfico com as notas do teste de usabilidade**

Ao final, a média de todas as notas foi de 82,03, que é considerada uma excelente nota, mostrando que o software agrada na questão de usabilidade, as respostas mostraram que cerca de 53% dos estudantes usariam o software com frequência e 70% se sentiram confiante ao utilizá-lo, para isso foram consideradas as respostas com valor 4 e 5 na escala SUS. Ainda assim, foram deixadas sugestões de melhorias que



compreendem principalmente o uso de sons para auxiliar nas sessões e melhorias na interface gráfica.

## **5. Conclusão**

Foi desenvolvido um software com a finalidade de auxiliar fisioterapeutas e pacientes em sessões de fisioterapia e avaliação por meio do sensor de movimentos Kinect®. Para verificar sua viabilidade foram realizados teste de usabilidade com estudantes de fisioterapia.

Os resultados obtidos mostram que o PhisioPlay pode ser uma ótima alternativa ao método tradicional de avaliação e treinamento na fisioterapia, tornando as sessões mais estimulantes para os pacientes e com a tecnologia ajudando o fisioterapeuta em seus diagnósticos.

## **6. Trabalho futuros**

A fim de aprimorar o PhisioPlay e abranger um número maior de pacientes com diferentes deficiências, podem ser implementados novos movimentos com diferentes partes do corpo. Também podem ser feitas melhorias na apresentação das informações na tela, aperfeiçoar os relatórios gerados e implementar o uso de sons e comando de voz como sugeridos em algumas avaliações.

## **Referências**

Marques, A.P., “Manual da Goniometria”, Manoele, 2014. Vol. 3

Hondori, H.M., Khademi, M. (2014) “A review on technical and clinical impact of Microsoft Kinect on physical therapy and rehabilitation”, Journal of Medical Engineering, Vol. 2014

Beaulieu-Boire, L., Belzile-Lachapelle, S., Blanchette, A., Desmarais, P., Lamontagne-Montminy, L., Tremblay, C., Corriveau<sup>1</sup>, H., Tousignant<sup>1</sup>, M. (2015), “Balance Rehabilitation using Xbox Kinect among an elderly population: A pilot study”, Novel Physioterapies, Vol. 5

Kalron, A., Fonkatz, I., Frid, L., Baransi, H., Achiron, A. (2016), “The efect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the CAREN virtual reality system: a pilot randomized controlled trial”, Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, Vol 13

Alves, R.S., Iunes, D.H., Pereira, I.C., Borges, J.B.C., Nogueira, D.A., Silva, A.M., Lobato, D.F.M, Carvalho, L.C. (2017), “Influence of exergaming on the perception of cancer-related fatigue”, Games For Health Journal: Research, Development, and Clinical Applications, Vol 6

Ferraz, L.T.D., Yamashita, R.K.S. (2012), “Desenvolvimento de um jogo eletrônico para reabilitação utilizando um sensor de som e movimento (Kinect)”, Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Farinatti, P.V.T. (2000) “Flexibilidade e esporte: uma revisão da literatura”, Revista Paulista de Educação Física, Vol. 14

Santos, C.M., Ferreira, G., Malacco, P.L., Sabino, G.S., Moraes, G.F.S., Felício, D.C. (2012) “Confiabilidade intra e interexaminadores e erro da medição no uso do goniômetro e inclinômetro digital”, Revista Brasileira de Medicina do Esporte, Vol. 18

Chang, Y.J., Chen, S.F., Huang, J.D. (2011) “A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities”, Research in Developmental Disabilities - Elsevier Science Ltd., Vol. 32

Lozano-Quilis, J.A., Gil-Gómez, H., Gil-Gómez, J.A., Albiol-Pérez, S., Palacios-Navarro, G., Fardoun, H.M., Mashat, A.S. (2014) “Virtual rehabilitation for multiple sclerosis using a Kinect-based system: Randomized controlled trial”, JMIR Serious Game, Vol. 2

Brooke, J. (1996), “SUS – A quick and dirty usability scale”, In: Jordan, P.W., Thomas, B., Weerdmeester, B.A., McClelland (eds.) Usability Evaluation in Industry, pp. 189-194. Taylor & Francis, Londres.

Portal Educação, “Goniometria: O que é?”, Disponível em <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/fisioterapia/goniometria-o-que-e/29983>> Acesso em 20 de abril de 2017.

Usability.gov, “System Usability Scale (SUS)”, Disponível em <<https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>> Acesso em 24 de junho de 2017.