

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA REABILITAÇÃO DO EQUILÍBRIO EM INDIVÍDUOS PÓS-ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL EM REALIDADE VIRTUAL

ANDERSON H. D. BORBA, LETÍCIA M. AVELLAR, PAULA S. RODRIGUES, CHRISTIANE LOURENÇO, ANSELMO FRIZERA

LABORATÓRIO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

AV. FERNANDO FERRARI, 514- GOIABEIRAS, VITÓRIA- ES

E-MAILS: ANDERSONHDBORBA@HOTMAIL.COM, LETICIAMUNHOZAVELLAR@HOTMAIL.COM,
PAULASARMENGHI@GMAIL.COM, CHRIS_LOURENCO@YAHOO.COM, FRIZERA@IEEE.ORG

Abstract—The stroke is a great cause of motor imparity, decreasing the independence of the individual as well as affecting his or her quality of life in a negative way. To recover the lost mobility, these individuals see themselves in need of physiotherapy sessions. In the last years, new methods of physiotherapy have been developed as a consequence of technological breakthroughs. This paper has the objective of presenting a new System of rehabilitation of balance composed by a game and an inertial sensor which detects the movements of the player's torso, the results are the angular variations in the coronal and frontal planes. In this paper a motivational and a measurement scales were prepared: the IMI (Intrinsic Motivation Inventory) and GAS (Goal assessment Scale). The former was answered after the game session by the volunteer and the later was set by the research group. The results generated by the healthy volunteers will be used as guide for the amplitude base-values of the target user. Both scales presented satisfactory results, since the GAS showed movement amplitude in ranges between "good" and "very good". And the IMI answers indicated the system as entertaining and immersive.

Keywords— Virtual Reality, Stroke, Rehabilitation, Neurorehabilitation, Balance, Inertial Sensors, Rehabilitation games, Human-machine interfaces.

Resumo— O Acidente vascular cerebral (AVC) é uma grande causa de debilidade motora, diminuindo a independência do indivíduo e afetando negativamente sua qualidade de vida. Para que estes indivíduos recuperem sua mobilidade são necessárias sessões de fisioterapia. Ao longo dos últimos anos novos métodos de fisioterapia vêm surgindo como consequência do avanço tecnológico. Este artigo tem o objetivo de expor um sistema que visa à reabilitação do equilíbrio, composto por um jogo e um sensor inercial capaz de detectar os movimentos de tronco do jogador, cujos resultados são as variações angulares nos planos coronal e frontal. Nesta pesquisa foram elaboradas escalas de motivação e quantificação da eficácia do sistema, IMI (*Intrinsic Motivation Inventory*) e GAS (*Goal Attainment Scale*), sendo a primeira respondida após a sessão e a segunda avaliada conforme o desempenho do usuário a partir de valores-padrão definidos pelo grupo de pesquisa. Os resultados gerados por indivíduos saudáveis servirão como orientação para os valores-base de amplitude do público-alvo do projeto (pacientes pós-AVC). Ambas as escalas apontaram resultados satisfatórios, visto que, através da GAS, verificou-se que as amplitudes de movimento ficaram na faixa de "bom" a "muito bom". A escala IMI indicou que o sistema entretém o jogador e o mantém imerso no ambiente de jogo.

Palavras-chave— Realidade Virtual, Acidente Vascular Cerebral, Reabilitação, Neuroreabilitação, Equilíbrio, Sensores Inerciais, Jogos de reabilitação, Interfaces homem-máquina, .

1 Introdução

O acidente vascular cerebral (AVC) pode ser definido como uma interrupção abrupta do fluxo sanguíneo cerebral (Calil and Paranhos, 2007), podendo ser dividido em Isquêmico (AVCI) ou hemorrágico (Smeltzer and Bare, 2005), sendo o primeiro o tipo mais comum. O AVCI é também uma proeminente causa de mortalidade e principalmente de incapacidade funcional (Schenttino, 2006). Evidências sugerem que uma reabilitação intensiva permite, na maioria das vezes, a recuperação das funções motoras depois de alguns meses de ocorrido o AVC (Langhorne et al., 2009).

A reabilitação convencional, todavia, exige um trabalho intenso, tedioso e monótono, segundo a perspectiva do paciente, além de ser um processo caro que exige o acompanhamento constante de um fisioterapeuta ou equipamentos de reabilitação (Burdea, 2002). Neste contexto, técnicas de reabilitação virtual, entre elas os jogos de reabilitação, podem

servir como um complemento à terapia convencional (Rego et al., 2010).

Atualmente os jogos voltados para esses tratamentos são integrados com os processos de reabilitação através de soluções comerciais (Pirovano et al., 2012) ou robóticas (Caurin et al., 2011).

Uma outra abordagem seria a utilização de sensores inerciais para mensurar os movimentos durante a reabilitação e traduzi-los em comandos no jogo. Tais sensores já vêm sendo utilizados em processos de reabilitação (Rocon et al., 2007).

Um jogo de reabilitação deve, por sua própria natureza, conter elementos que o torne adequado para que o paciente que o manuseie consiga atingir o objetivo de readquirir a funcionalidade motora debilitada. Estes elementos são: uma interface com um meio pelo qual o paciente possa realizar uma atividade adequada à reabilitação, adaptabilidade ao grau de deficiência motora do paciente e geração de dados estatísticos que demonstrem numericamente a progressão do paciente ao longo do processo de reabilitação.

O objetivo deste projeto é desenvolver um sistema para a reabilitação de indivíduos que tiveram seu equilíbrio debilitado devido a um AVC na forma de um jogo para reabilitação, o Tirion, com um sensor inercial como meio de interface entre o paciente e o ambiente virtual. Na fase atual da pesquisa, foram realizados testes em indivíduos saudáveis para a realização de ajustes e verificação da eficácia do Jogo. Este artigo tem como o objetivo, portanto, a análise de adaptação do Tirion em indivíduos saudáveis para posterior aplicação em pacientes pós-AVC.

Este artigo está organizado da seguinte maneira: Esta seção introduziu os objetivos e a motivação para a realização desse projeto. A Seção 2 apresenta o funcionamento do jogo desenvolvido. A Seção 3 esclarece os materiais e os métodos utilizados na realização deste trabalho. A seção 4 apresenta os resultados obtidos e as discussões. Por fim, a seção 5 apresenta uma conclusão para o projeto e o desenvolvimento de projetos futuros.

2 Descrição do jogo

O Tirion é um jogo em realidade virtual desenvolvido pelos autores deste artigo nos softwares Unity 5 (Unity Technologies, EUA) e Blender (Blender Foundation, Holanda) cujo objetivo principal é o estímulo de exercícios para pacientes pós-AVC visando, principalmente, à melhora do equilíbrio do tronco no plano coronal.



Figura 1. Ambiente virtual do Jogo.

A posição do paciente no ambiente e as variações de orientação e tempo de resposta durante o jogo são medidas através do sensor FRDM-FXS-MULTI-B (Freescale™, EUA), que é posicionado no centro das costas do paciente, de forma não invasiva, através de um cinto elástico, fixo numa plataforma plástica, impressa e modelada em impressora 3D, também desenvolvida pelo grupo de pesquisa. Com essas informações, a análise é tridimensional, capturando as informações do eixo principal de movimento e as informações nos eixos ou planos secundários.



Figura 2. Sensor inercial com base em fibra plástica na posição correta de jogo.

O sensor é responsável por enviar os dados de orientação do tronco do jogador ao computador em intervalos próximos de 20 (vinte) milissegundos. Esses dados, ao mesmo tempo em que são utilizados para permitir a interação do jogador com o ambiente virtual, também são salvos para gerar o relatório da sessão de terapia em questão.

Antes de começar a partida, o paciente deve permanecer de pé, voltado em direção à tela do computador, de braços e pernas ambos abertos para que o sensor seja calibrado. Após a calibração, para maior conforto, os dois braços deverão permanecer rentes ao corpo; as pernas, por sua vez, deverão estar semi-abertas ou fechadas para que somente o tronco possa se movimentar.

O jogo é adaptativo, ou seja, a quantidade e a velocidade dos projéteis são ajustadas automaticamente de acordo com as capacidades de movimento do jogador de forma a manter uma dificuldade que o desafie, mas não o frustre. Esse nível de dificuldade é estabelecido por dois parâmetros principais - o tempo de reação no desvio das balas de canhão e a capacidade de alternância da amplitude de movimento no plano coronal. Isso facilita em absoluto o progresso da reabilitação, visto que o paciente, ao ter um feedback positivo, se sentirá capaz de realizar movimentos que, anteriormente, não eram realizáveis (Kraukauer JW., 2006).

Os projéteis são disparados em configurações pré-programadas em ordem aleatória para evitar um quadro que se encaixe como treinamento de padrões já memorizados pelo jogador. Dessa forma, priorizar um ou outro lado dos movimentos não é possível e, provavelmente, não é desejável, visto que é interessante manter um treinamento equilibrado em todos os planos de forma que, ao final da reabilitação, os movimentos do usuário estejam em plena harmonia.

Ao final de cada sessão o profissional da saúde sempre terá em mãos o relatório referente à terapia daquele dia com todos os valores de tempo, pontuação e amplitude máxima, facilitando a análise de melhora do paciente de uma sessão para a outra. Antes de cada partida há uma ficha a ser preenchida com o nome, a idade, sexo e o número de sessão do paciente para um melhor registro no banco de dados do fisioterapeuta, evitando perda de informações.

3 Materiais e Métodos

3.1 Protocolo Experimental

O tempo de teste por voluntário foi de cinco minutos, sendo três para jogar e dois para descanso. A sessão foi dividida em três níveis – fácil, moderado e difícil, sendo que todos eles tiveram o mesmo tempo de duração (um minuto). A variação do nível de dificuldade resulta na variação da velocidade inicial, que também é a velocidade mínima dos projéteis. Para medir a eficácia, tanto subjetiva quanto quantitativamente, foram utilizadas duas escalas: GAS (*Goal Attainment Scale*), escala que permite atribuir valores numéricos a resultados de desempenho, qualificando-os de acordo com expectativas de resultado; e IMI (*Intrinsic Motivation Inventory*), que consiste em um questionário de avaliação motivacional.

Ao final de cada sessão, o voluntário respondeu ao questionário IMI e, assim, foi possível avaliar sua motivação ao manusear o Jogo, principalmente nos quesitos “diversão e imersão”.

A escala GAS foi utilizada para estabelecer parâmetros de referência em termos de amplitude de movimento (em graus) por indivíduo. Assim, a partir dos relatórios gerados pelo próprio Jogo, foi possível qualificar os valores das amplitudes de movimento de cada paciente em cada plano. Para efeito de análise e definição dos valores-padrão, foram feitas médias aritméticas das amplitudes para cada eixo (dominante, não dominante, posterior e frontal). Dessa forma é possível saber quais são os valores desejáveis que o paciente deverá atingir ao fim da reabilitação.

3.2 Aquisição e Processamento dos Dados

Para aquisição e processamento de dados foram utilizadas as placas da Freescale™, que possuem acelerômetros, giroscópios, magnetômetros, dentre outros sensores, para mensurar movimento. Esse sistema possui um módulo *Bluetooth* para comunicação sem fio.

A placa de sensores foi acoplada ao microcontrolador FRDM-KL25Z (Freescale™, EUA), responsável pela coleta, processamento e envio dos dados para o computador onde está instalado o Tirion.

Para obtenção de informações mais precisas, o filtro de Kalman foi implementado para fusão dos dados do acelerômetro, magnetômetro e giroscópio (Roetenberg, 2004) para, assim, integrá-los ao Jogo, através da comunicação *Bluetooth*.

Os dados finais foram enviados para o computador em forma de ângulos de Euler *Roll*, *Pitch* e *Yaw* depois de passarem pelo filtro de Kalman, implementado na placa da Freescale™.

3.3 A Interface com o Usuário

O ambiente virtual de interação contém algoritmos e técnicas que mantêm o paciente entretido e focado durante as atividades fisioterapêuticas. Esses algoritmos implementam também a aquisição e documentação de cada sessão de jogo, através do arquivamento dos movimentos de interesse realizados pelo jogador, bem como o seu desempenho e pontuação ao longo da sessão de jogo, de forma que o fisioterapeuta tenha acesso a valores numéricos que demonstrem a progressão do paciente ao longo do processo de reabilitação.

Para atingir o atual estado do protótipo, medidas e cuidados tiveram que ser tomados ao longo do desenvolvimento do *software*. Nominalmente: Para que o paciente não fique frustrado ou entediado, o nível de dificuldade das tarefas é ajustado tanto no momento de preparo como durante a sessão de jogo, a fim de manter a tarefa desafiadora, mas realizável.

Criar um ambiente que entretenha e mantenha o foco do paciente na atividade consistiu na criação de apenas um dos elementos necessários para a realização da atividade de reabilitação, porém cada elemento foi trabalhado de forma que sejam interessantes ao jogador tanto individualmente como em conjunto.

A implementação da aquisição de dados de desempenho bem como o arquivamento está intrinsecamente ligado à forma como o sensor inercial manuseado pelo paciente se comunica com o ambiente, quais dados são enviados do sensor para o ambiente e com qual frequência estes dados são enviados. A resolução dos dados de desempenho é restringida por duas limitações técnicas: a escala de precisão com a qual o sensor trabalha e a taxa de quadros do jogo, que consiste no tempo médio que o *software* consome para atualizar a tela de jogo.

Os dados enviados pelo sensor são adquiridos pelo *software* durante a sessão de jogo, multiplicados por um fator de ganho ajustado na tela configurações pelo fisioterapeuta e usados para alterar a orientação do avatar do jogador, de forma que a orientação do personagem seja equivalente à orientação do sensor multiplicada por um fator.

Durante o preparo para uma sessão de jogo é possível configurar alguns parâmetros iniciais, são eles: a duração da sessão; o nível de dificuldade, que corresponde aos níveis “fácil”, cujo valor de velocidade inicial é de 3 m/s, “médio” com valor de velocidade inicial de 5 m/s, e “difícil” com valor de velocidade inicial equivalente a 7 m/s.

A programação do jogo ajusta a velocidade dos projéteis de acordo com o desempenho do jogador. Toda vez que o jogador é bem-sucedido em desviar de um conjunto de disparos, a velocidade do projétil é incrementada de maneira não perceptível (em um valor de 0.2m/s para cada desvio realizado com sucesso). O resultado desse acréscimo é que a percepção do aumento na dificuldade se torna difusa: o jogador percebe que o jogo se torna difícil, mas não consegue determinar exatamente em que repetição o nível de dificuldade se torna realmente desafiador.

No entanto, a cada vez em que o jogador falha em realizar a ação de desvio, a velocidade é decrementada em 2m/s, não se tornando menor do que a velocidade inicial, diminuindo a probabilidade de erro após o próximo acerto.

Os objetos gráficos criados para o ambiente virtual foram desenvolvidos com o intuito de que os modelos fossem esteticamente funcionais, com uma pequena quantidade de polígonos (inferior a 1.000). Isso se deve ao fato de que quanto menor a quantidade de polígonos um objeto gráfico possuir, menor é o processamento que deve ser dedicado à renderização deste objeto na tela do jogo.

A estratégia utilizada para criar o *log* de performance do usuário consiste em gravar as variáveis de orientação enviadas pelo sensor inercial juntamente com o tempo relativo ao início da sessão em que estas variáveis foram enviadas, em listas de tamanho dinâmico alocadas em memória. Ao final da realização de cada tarefa de jogo, momento em que a necessidade do feedback ao usuário é a menor, já que não há uma tarefa a ser realizada, todas as variáveis armazenadas nas listas são gravadas em um arquivo contendo as informações pertinentes à identificação do paciente e sessão do jogo. As Listas são esvaziadas para permitir que novos valores de orientação sejam inseridos sem risco de estouro de pilha.

4 Resultados e Discussão

Três testes diferentes com cada um dos onze indivíduos saudáveis foram realizados. O resultado dos três testes do indivíduo 5 pode ser observado nas Figuras 3, 4 e 5, que mostram os ângulos de Euler durante a execução do jogo.

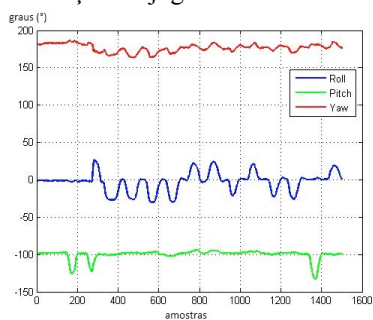


Figura 3. Teste no indivíduo 5 com nível de dificuldade fácil.

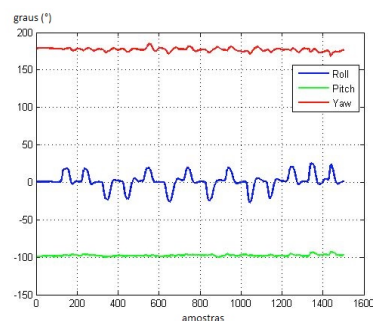


Figura 4. Teste no indivíduo 5 com nível de dificuldade médio.

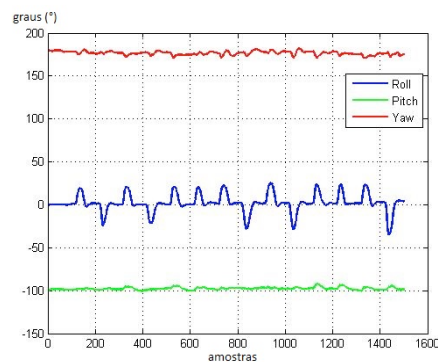


Figura 2. Teste no indivíduo 5 com nível de dificuldade difícil.

Por esses gráficos e com base nos demais resultados observados nas tabelas numeradas de 1 a 3, observa-se que a média das máximas amplitudes de desvio lateral se aproxima de 31° (30,99 e 31,11 para desvio lateral direito e esquerdo respectivamente) em nível fácil, enquanto que o desvio por movimento dorsal possui média de 44,73°, também com dificuldade fácil. Ressalta-se que este movimento, por ter sido postulado e comprovado pelos voluntários como de realização mais complexa, possui menor probabilidade de ocorrer.

Tabela 1. Média das Máximas Amplitudes em Movimentos de Desvio para a Direita em Dificuldade Fácil

Voluntário	Número de amostras	Média da s amplitudes angulares máximas	Desvio Padrão
1	8	35,59	2,60
2	7	32,08	3,37
3	8	34,00	3,47
4	9	36,58	1,69
5	9	21,42	2,26
6	5	25,40	1,43
7	7	25,14	2,97
8	6	21,05	4,03
9	5	26,84	1,57
10	7	48,76	5,98
11	9	34,06	4,69
Média	7,27	30,99	8,13
Desvio Padrão	1,49	3,10	1,41

Tabela 2. Média das Máximas Amplitudes em Movimentos de Desvio para a Esquerda em Dificuldade Fácil

Voluntário	Número de amostras	Média da s amplitudes angulares máximas	Desvio Padrão
1	6	36,40	2,72
2	5	32,50	2,46
3	4	30,72	4,03
4	4	37,12	2,73
5	5	18,34	1,93
6	8	31,61	2,37

7	7	26,81	2,75
8	6	20,65	4,47
9	7	27,70	3,10
10	6	46,18	6,23
11	5	34,14	1,13
Média	5,73	31,11	7,78
Desvio Padrão	1,27	3,09	1,38

Tabela 3. Média das Máximas Amplitudes em Movimentos de Desvio para a Trás em Dificuldade Fácil

Voluntário	Número de amostras	Média das amplitudes angulares máximas	Desvio Padrão
1	1	48,70	-
2	2	50,65	2,19
3	2	41,35	2,19
4	1	33,2	-
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	3	36,33	2,64
9	1	59,40	-
10	1	43,50	-
11	0	0	0
Média	1	44,73	8,96
Desvio Padrão	1	2,34	0,26

Observa-se, entretanto, que o voluntário 10 apresentou resultados muito acima da média em desvios laterais (mais de dez graus acima em nível fácil, mais de vinte graus acima em nível médio e mais de vinte graus acima em nível difícil).

Tabela 4 Média de amplitudes máximas em nível fácil com e sem o indivíduo 10

	Lateral direito	Lateral esquerdo	Para trás
Com o indivíduo 10	30,99	31,11	44,73
Sem o indivíduo 10	29,22	29,60	42,29

Os resultados excluindo o indivíduo 10 apresentam menor valor de desvio padrão, e os valores se mostram mais homogêneos, com movimentos de desvio para a direita e esquerda de média 29,22° e 29,60° em nível fácil; 29,0° e 27,56° em nível médio e 30,20° e 30,34° em nível difícil quando comparados a 30,99° e 31,10° em nível fácil; 31,76° e 30,12° em nível médio e 32,82° e 33,04° em nível difícil.

Os resultados sugerem que indivíduos saudáveis apresentam, na média e de maneira generalista, amplitudes de movimento lateral quase simétrica de amplitude máxima de aproximadamente 30° para qualquer um dos lados e amplitude de máximo movimento dorsal para trás de, aproximadamente, 40°. O valor da variância das amplitudes máximas entre

indivíduos é grande, dificultando uma definição precisa do valor da amplitude de movimento. Diante de todos esses resultados é de se esperar que o público-alvo deste sistema apresente amplitudes máximas menores e uma assimetria maior de movimentos laterais, também é de se esperar que este público apresente dificuldades em manusear o jogo em níveis mais elevados, já que estes requerem maior velocidade de movimento.

6 Conclusão

Considerando a escala IMI, os voluntários dos testes descreveram o ambiente como imersivo e motivante, conforme demonstrado na Tabela 5. Deve-se atentar, porém, que os quesitos 3 e 4 da tabela em questão apresentam “1” como valor máximo de entretenimento, ao passo que os demais apresentam “7” como valor máximo.

Tabela 5. Resultados da Escala IMI no quesito Imersão diversão.

Imersão/Diversão	Média	Desvio Padrão
1	6,36	0,81
2	6,63	0,67
3	1,45	0,69
4	1,09	0,30
5	5,91	0,94
6	6,09	0,94
7	5,64	1,29

A aquisição de dados é feita de forma simples, versátil e consistente, o que permite fácil utilização por qualquer usuário.

A idéia da junção da terapia convencional com o Tiron foi bem aceita por profissionais da área da saúde.

Considerando que não há necessidade de utilização de órteses ou equipamentos robóticos que exijam força física do profissional da saúde para a movimentação do paciente e que o grau de intervenção e desconforto do aparato de medição é menor que o de órteses, ainda que exista interação do jogador com o aparato, há grande potencial de aplicação deste sistema em clínicas, visto que os relatórios gerados pelo aplicativo permitem uma análise minuciosa dos movimentos de tronco do paciente durante sessões de jogo.

Trabalhos realizados no intuito de desenvolver sistemas similares para tratar de reabilitação de equilíbrio são relativamente recentes, portanto artigos científicos consistentes não são comuns. Há trabalhos que meramente expõem o sistema desenvolvido e suas funcionalidades (Pirovano et al., 2012), (Lange et al., 2011), e existem também trabalhos cujas escalas comparam a capacidade do paciente antes e após o tratamento, sem comparar o paciente reabilitado com indivíduos saudáveis (Lai et al., 2015). Todos os trabalhos revisados nesta área se utilizavam de produtos comerciais consolidados, como o Kinect. En-

tretanto foi relatado que, em testes com pacientes, houve indivíduos cuja capacidade de movimento era limitada demais para ser captada pelo Kinect (Lang et al., 2011). Comparar o sistema desenvolvido em seu estado atual com os demais trabalhos ainda não é interessante, visto que não existem dados resultantes da reabilitação de pacientes e que a contribuição diferencial deste sistema está na geração de relatórios de performance com grande densidade de dados, permitindo uma análise quantitativa mais precisa do progresso do paciente durante sua reabilitação, permitindo a comparação quantitativa entre diferentes métodos de reabilitação.

As próximas fases do projeto consistem na aquisição de dados e de sessões de terapia com o público-alvo. Dessa forma, será realizada uma avaliação inicial de cada paciente por profissionais da área de saúde para quantificar quatro fatores que servirão como valores-base para a validação da eficácia do tratamento. São eles: o equilíbrio do paciente, com foco nos membros superiores, realizado através do *Best-Test*; a amplitude de movimento do tronco, cujos valores serão fornecidos pelo próprio sensor utilizado na reabilitação; nível de atividade e mobilidade para o estudo da marcha, utilizando-se a escala TUG (*Timed Up & Go*) e, por fim, a gravidade do AVC, medido através da *Supports Intensity Scale* (SIS). Assim, os participantes dos testes serão escalados através dos quatro fatores anteriormente citados.

Feita a escolha dos pacientes para os testes, as sessões de reabilitação serão uma combinação da Terapia Convencional e sessões de manuseio do protótipo, onde, após avaliação da severidade da debilidade do paciente, o profissional da saúde escolherá os níveis de dificuldade mais adequados para a realização do tratamento. É importante ressaltar que um dos objetivos do estudo em questão é observar o ganho do paciente quando a terapia convencional e o sistema são utilizados concomitantemente.

Agradecimentos

Os autores gostariam de reconhecer o apoio da CAPES (8887.095626/2015-01) e FAPES (67566480) pelo suporte a esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Blender Foundation n.d., *Blender.org- Home of the Blender project- Free and Open 3D Creation Software*, disponível em: <https://unity3d.com/pt>. [19 de Maio de 2016].
- Burdea, G. (2002). Key Note Address!: Virtual Rehabilitation- Benefits and Challenges. In 1st. International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation (Mental Health, Neurological, Physical and Vocational) (pp. 1-11).
- Calil, A. M. and Paranhos, W. Y. (2007). O enfermeiro e as situações de emergência. São Paulo: Atheneu.

- Caurin, G. a. P., Siqueira, A. a. G., Andrade, K. O., Joaquim, R. C. and Krebs, H. I. (2011). Adaptive strategy for multi-user robotic rehabilitation games, Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS (1): 1395-1398.
- Krakauer JW. (2006). Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Curr Opin Neurol* 2006; 19:84-90.
- Lai, C. L., Huang, Y. L., Liao, T. K., Tseng, C. M., Chen, Y. F., Erdenetsogt, D. (2015) A Microsoft Kinect-based virtual rehabilitation system to train balance ability for stroke patients. *International Conference on Cyberworlds, CW* 2015. P. 54-60.
- Lange, B., Chang C., Suma E., Newman, B., Rizzo, A.S. and Bolas M. (2011). Development and evaluation of low cost game-based balance rehabilitation tool using the Microsoft Kinect sensor. 2011 Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 International Conference of IEEE. p 1831-1834
- Langhorne, P., Coupar, F. and Pollock, A. (2009). Motor recovery after stroke: a systematic review, *The Lancet Neurology* 8(8): 741-754. URL: 1
- Pirovano, M., Mainetti, R., Baud-Bovy, G., Lanzi, P. L. and Borghese, N. A. (2012). Selfadaptive games for rehabilitation at home, 2012 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games, CIG 2012 pp. 179-186.
- Rego, P., Moreira, P. M., & Reis, L. P. (2010). Serious games for rehabilitation: A survey and a classification towards a taxonomy. *Information Systems and Technologies (CISTI), 2010 5th Iberian Conference on*. doi:978-1-4244-7227-7
- Rocon, E., Moreno, J. C., Ruiz, a. F., Brunetti, F. J., Miranda, J. a. and Pons, J. L. (2007). Application of Inertial Sensors in Rehabilitation Robotics, *IEEE 10th International Conference on Rehabilitation Robotics*, Vol. 00, pp. 145-150.
- Roetenberg, D., Luinge J. H., Baten C.T.M., & Veltink P. H. (2004). Compensation of Magnetic Disturbances Improves Inertial and Magnetic Sensing of Human Body Segment Orientation, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 13, No. 3, September 2004.
- Schenttino, G. (2006). Paciente crítico: diagnostico e tratamento: Hospital Sírio Libanês. Barueri, SP.
- Smeltzer, S. and Bare, B. (2005). Tratado de Enfermagem Médico-cirúrgica., 10 ed. edn, Guanabara e Koogan, Rio de Janeiro.
- Unity Technologies n.d., *Unity- Game Engine*, disponível em: <https://unity3d.com/pt>. [19 de Maio de 2016].