

Ambientes Virtuais para Reabilitação Terapêutica

Virtual Environments for Therapeutic Rehabilitation

Raquel Ellem Marcelino de Oliveira
Laboratório ACiMA
Laboratório Nacional de Computação Científica
Petrópolis, Brasil
raquel.ellem@gmail.com

Carina da Cruz Teixeira
Laboratório ACiMA
Laboratório Nacional de Computação Científica
Petrópolis, Brasil
carinacruzteixeira@gmail.com

Jauvane Cavalcante de Oliveira
Laboratório ACiMA
Laboratório Nacional de Computação Científica
Petrópolis, Brasil
jauvane@lncc.br

Resumo—Ambientes de Realidade Virtual podem ser empregados nas sessões de Terapia Ocupacional como auxiliares no processo de recuperação das sequelas geradas por traumas, que comprometem as atividades do dia a dia. O treinamento de destreza, controle motor fino e atenção, necessários aos treinamentos, podem ser explorados por Realidade Virtual para potencializar as atividades, além de motivar o usuário através de um ambiente atrativo. Neste contexto, foi idealizado um ambiente em forma de atividades lúdicas, visando contribuir com a área de reabilitação, que foca no estímulo dessas necessidades, utilizando o Phantom Omni e Oculus Rift para prover propriocepção e neuroplasticidade, podendo, além disso gerar *feedback* de colisão e força. Então, esta ferramenta visa ser uma forma de permitir que pacientes treinem o membro acometido de forma diferenciada, visando sua reabilitação. Foi aplicado um teste piloto que verifica a usabilidade deste sistema a fim de analisar a praticidade de uso do mesmo, bem como em qual dispositivo de interação o usuário apresentou maior facilidade e segurança.

Palavras-chave—realidade virtual, terapia ocupacional, ambiente virtual, phantom omni, oculus rift.

Abstract—Virtual Environments can be deployed in support to occupational therapy sessions, aiding the recovery process from traumas that hinder everyday activities. Dexterity training, fine movement control and focus may be exploited through a VR simulation, aiming at creating an attractive environment. Such environments may capture the user attention, keeping him/her motivated. With those goals set, a virtual environment was designed which, through playful activities, aims at contributing with the rehabilitation process. In order to provide proprioception and neuroplasticity, the system uses a Phantom Omni (aka Geomagic Touch) and Oculus Rift, to provide immersion and touch feedback. The system uses that setup to enable patients to exercise limbs that were damaged, to acquire full rehabilitation. We perform a usability test, which allow a comparison of an immersive and non-immersive setup.

Keywords—virtual reality, occupational therapy, virtual environments, phantom omni, oculus rift.

I. INTRODUÇÃO

Não é de hoje que os Ambientes Virtuais vêm sendo utilizados com objetivos muito mais nobres do que apenas

entretenimento. As diversas técnicas e os inúmeros dispositivos empregados, têm trazido para o usuário uma experiência única e rica. O mundo sintético apresentado favorece a adesão e continuidade de tarefas, que na vida real podem ser massivas e entediantes. Muitas das vezes o usuário é submetido a uma atividade utilizando Realidade Virtual (RV) em formato de jogos e atividades de entretenimento, no qual, na verdade o principal objetivo é a realização de um treinamento como tratamento, ou parte dele.

Profissionais da área da medicina beneficiam-se com os ambientes e os dispositivos de RV, pois, muitos têm sido os sistemas criados para treinamentos de procedimentos cirúrgicos [1], [2], tratamento de fobias [3], [4] entre diversas outras áreas que a RV pode contribuir.

As atividades de Fisioterapia e Terapia Ocupacional empregam a RV nas sessões de fisioterapia de seus pacientes, tanto pelo fato dos dispositivos utilizados proverem *feedback* de força, aumentando o nível de dificuldade das atividades, quanto por permitirem movimentos bastante fiéis aos que o paciente realizaria nas sessões tradicionais, como segurar, mover e sentir o peso de objetos, utilizar o equilíbrio do corpo e orientar-se e comportar-se de determinada forma dentro do ambiente apresentado. Também há o fato do entretenimento, tirando o foco do exercício como tratamento e passando a ser interpretado como um jogo. Além do entretenimento retirando o foco do objetivo principal para o paciente, a neuroplasticidade¹ é um fator importante do ponto de vista clínico, sendo seu uso possibilitado nos Ambientes Virtuais.

Diante do fato de auxiliar o paciente, vítima de lesões cerebrais e afecções degenerativas, a RV tem um importante papel na reabilitação, pois, é possível idealizar sistemas, empregados como parte do tratamento, voltados aos problemas específicos dos pacientes, propondo incentivá-los no exercício

¹A neuroplasticidade define-se como a capacidade de adaptação do sistema nervoso às alterações ambientais presentes no cotidiano dos indivíduos. [5]

de atividades no Ambiente Virtual (AV) através de um jogo. Tais ambientes também estimulam o cérebro e as funções cognitivas do paciente, auxiliando no processo de neuroplasticidade, além da prática das repetições contribuírem para a recuperação da funcionalidade do membro treinado.

Um AV pode ajudar em treinamentos para recuperação de movimentos, tais treinamentos precisam ser repetidos diversas vezes para que se obtenha melhoras, e a RV pode ajudar, tornando os movimentos repetitivos parte de um jogo, sendo frequentemente vista como motivadora, atraente e agradável [6] e especialmente, multimodal. Estes sistemas desenvolvidos em RV para reabilitação podem ser criados focados nas necessidades individuais do paciente, incluindo desafios e exercícios progressivos que podem ser realizados em uma variedade de configurações [7].

Neste cenário, o sistema proposto neste artigo consiste em um ambiente de atividades no qual o usuário utiliza o movimento dos dedos, punho e braço para a realização das tarefas apresentadas. Essas tarefas ressaltam, principalmente, a destreza do usuário para a sua correta execução.

Este sistema pode ser utilizado de duas formas. Em uma, o usuário interage com o sistema através do dispositivo Phantom Omni [8] e visualiza o AV não imersivo por uma tela de computador. Já na outra, a interação é realizada através do Rift Touch e o AV imersivo é visualizado por meio do Oculus Rift [9].

O sistema desenvolvido tem como principais objetivos verificar em qual dispositivo utilizado o usuário mais se empenhou em realizar as tarefas e em qual teve maior facilidade de uso. Os estímulos propostos ao paciente no sistema, sejam visuais, táteis ou motores, permitem a adaptação necessária para promover a neuroplasticidade, desenvolvendo ambientes que incentivam um trabalho focado em necessidades específicas, sendo este um dos objetivos do desenvolvimento deste trabalho.

II. FUNDAMENTOS

Nesta seção serão apresentados conceitos pertinentes ao trabalho desenvolvido.

A. Terapia Ocupacional

A Terapia Ocupacional tem como principal objetivo garantir a independência e a autonomia de pessoas que por fatores físicos, mentais, psicológicos, sensoriais ou sociais, manifestam de forma definitiva ou temporária, dificuldades em realizar suas tarefas.

Durante o tratamento terapêutico, o terapeuta ocupacional tem como foco auxiliar a interação do indivíduo com o ambiente externo. Para isto, utiliza atividades minuciosamente planejadas [10]. Estas atividades são estabelecidas através de uma análise sobre os interesses e ocupações do indivíduo, bem como é analisado a faixa etária, o desenvolvimento e formação familiar, pessoal e social.

A Terapia Ocupacional utiliza atividades que possuam significado para o indivíduo, visando produzir sentido e sucesso ao processo de reabilitação.

Segundo a Associação Americana de Terapia Ocupacional [11] a Terapia Ocupacional contribui para a melhora da saúde por meio do envolvimento do paciente com determinadas atividades. Ela pode ser dividida em seis tipos: áreas de ocupação, contextos e ambientes, demandas da atividade, fatores do cliente, habilidades de desempenho e padrões de desempenho.

Este trabalho é aplicado à área de contextos e ambientes, que contém os elementos que influenciam no desempenho de funções ou no desempenho ocupacional. Estes são definidos pelo processo e domínio da prática da Terapia Ocupacional. Eles podem ser divididos em diferentes categorias: temporal, pessoal, cultural e virtual. Esta última é relevante no uso de sistemas de RV para Terapia Ocupacional, no qual o contexto virtual é caracterizado como a interação por simulação, que pode ser realizada em tempo aproximado ou em tempo real, além de poder ser executado sem o contato físico [12].

B. Realidade Virtual na Terapia Ocupacional

Os estudos apontam que a RV pode auxiliar em diferentes áreas da saúde, em especial na Terapia Ocupacional, tendo em vista que ela pode proporcionar importantes atividades no contexto do desenvolvimento humano, considerando as funções cognitivas, motoras e psicoafetivas.

A RV aplicada na Terapia Ocupacional pode produzir consequências significativas ao tratamento. Segundo Drummond et al. [13], a RV estimula habilidades motoras e cognitivas, bem como aumenta as possibilidades terapêuticas. Uma vez que os Ambientes Virtuais podem promover associações com as atividades realizadas na vida diária.

Lopes et al. [14] destacaram que a RV favorece na criação de um ambiente lúdico, o que pode incentivar o indivíduo a realizar ações repetitivas e sistemáticas de maneira natural, o que permite alcançar de forma mais rápida os objetivos terapêuticos.

Sendo assim, a utilização da RV na Terapia Ocupacional pode melhorar tanto as funções cognitivas e motoras do indivíduo quanto proporcionar aprendizagem e desempenho ocupacional.

III. FERRAMENTAS UTILIZADAS

Este tópico contém informações sobre o Hardware e Software utilizados para implementar o sistema.

A. Phantom Omni

O dispositivo Phantom Omni [15], é uma ferramenta de interação em Ambientes Virtuais em forma de caneta, no qual o usuário que a manipula consegue movimentar o pulso e o punho no AV e após colidir em estruturas pré-determinadas (malhas, concreto entre outras) consegue sentir a resistência dessas superfícies e ter um *feedback* tátil. A parte que o usuário segura, é adaptável, ou seja, é possível que seja removida e que novas partes sejam encaixadas, como um objeto em forma de seringa que pode ser construído em uma impressora 3D e adaptado ao Phantom, possibilitando o desenvolvimento de simulações médicas. Com isso é possível desenvolver aplicações em que o usuário é direcionado a utilizar a força

do pulso para mover objetos, controlar a força no momento na colisão, desenhar, entre diversas outras atividades.

B. Oculus Rift

O Oculus Rift é um HMD (*Head Mounted Display*) de RV produzido pela Oculus VR. Ele pode ser descrito como um dispositivo híbrido, pois viabiliza a entrada e saída de informações.

Este HMD possibilita a imersão do usuário em um AV com boa qualidade e baixo custo. Ele é composto por uma tela OLED com resolução total de 2160 x 1200. Possui duas lentes, nas quais são geradas diferentes imagens, uma para cada olho, possibilitando a criação de uma imagem estereoscópica e por consequência a visualização tridimensional do AV. A taxa de atualização de quadros é de 90Hz. Ele tem 6 graus de liberdade de rotação e rastreamento posicional. O rastreamento é realizado por sensores que formam um sistema denominado Oculus Constellation, que possui precisão milimétrica e baixa latência [16]. Este conjunto de sensores permitem rastrear a movimentação da cabeça em 360°. O Oculus também possui áudio integrado, no qual o volume é controlado pelo rastreamento posicional do usuário.

Adicionalmente, o Oculus Rift dispõe de um sistema de controle e rastreamento de movimento, conhecido como Oculus Touch. Ele é composto por um par de controles, um para cada mão. Cada um possui um bastão analógico, três botões e dois gatilhos. Estes controles também são rastreados pelo sistema Oculus Constellation, sendo assim podem ser representados no AV. Além disto, eles podem ser utilizados para detectar os gestos dos dedos realizados pelo usuário enquanto ele os segura. Tal funcionalidade permite a interação e exploração do AV.

O Oculus Rift tem sido utilizado em diferentes projetos. Ele já foi aplicado em terapias de stress pós-traumático [17], no auxílio do diagnóstico de esquizofrenia [18], bem como no tratamento de fobias [19] [20]. A crescente popularidade deste HMD também pode ser atribuída a integração de motores gráficos conhecidos, tais como CryEngine, Unreal Engine e Unity3D. Outro aspecto que deve ser considerado é o SDK disponibilizado, que contém boa documentação, para o desenvolvimento de aplicações com o Rift.

C. Unity3D

O Unity3D é um motor gráfico multiplataforma desenvolvido pela Unity Technologies. Seu principal objetivo é auxiliar o desenvolvimento de jogos. Por meio dele podem ser desenvolvidos diferentes tipos de jogos e aplicações, como: fps, educacionais, de plataforma, RPGs [21].

Este motor gráfico foi criado em 2005 e tem ficado cada vez mais popular, pois, apresenta algumas vantagens em relação a outros, como apresenta a Tabela I.

Além disso, o Unity3D apresenta diferentes funcionalidades necessárias para o sistema desenvolvido, como a integração com os dispositivos Phantom Omni e Oculus Rift. Sendo assim, foi o *motor gráfico* adotado para o desenvolvimento deste trabalho.

Tabela I
COMPARAÇÃO ENTRE MOTORES GRÁFICOS.

	UnrealEngine	Unity3D	Ogre	CryEngine
Comunidade	Média	Grande	Pequena	Pequena
Linguagem	C++ / UnrealScript	Boo / C# / JavaScript	C++	C++ / Lua
Qualidade gráfica	Alta	Média	Média	Alta
Requisitos PC	Alto	Médio	Baixo	Alto
Versão gratuita	Sim	Sim	Sim	Não

IV. REVISÃO DA LITERATURA

O trabalho desenvolvido por Pedraza-Hueso et. al. [22] apresenta um sistema voltado à reabilitação física e cognitiva utilizando um AV desenvolvido com a ferramenta Unity e o Kinect da Microsoft. Consistindo de jogos sérios, o sistema apresenta exercícios nos quais o usuário trabalha a força, aeróbico e capacidades cognitivas. O sistema permite que o terapeuta possa configurá-lo, além de também verificar se o paciente está realizando as tarefas corretamente.

O sistema descrito neste presente trabalho tem a mesma finalidade que o desenvolvido por Pedraza, no qual também foi idealizado um sistema voltado à reabilitação em um ambiente de jogos que também poderá ser controlado pelo terapeuta além de retorno de força e capacidades cognitivas. Foca-se nas necessidades de recuperação da mão do usuário, principalmente a destreza e movimentos finos.

No trabalho de Kima et. al. [23] os autores investigaram os efeitos de programas de RV, feitos sob medida, nas funções físicas e nas atividades do dia a dia dos pacientes vítimas de derrame. Os exercícios desenvolvidos, e que foram testados com os pacientes, consistem de movimentos do ombro, cotovelo e punhos em dois modos de controle: treinamento e jogo. Os movimentos necessários para a realização dos exercícios são capturados através do Kinect e tais movimentos poderiam ser executados livremente pelo paciente seguindo os movimentos de um avatar presente no AV.

Dos resultados funcionais, os pacientes testados aumentaram as escalas de avaliação utilizadas, além de também apresentarem bons níveis de satisfação. Os autores concluem a partir dos resultados obtidos, que a intervenção com RV utilizada é segura, realizável e benéfica para as funções físicas para pacientes vítimas de derrame.

Este trabalho equipara-se ao descrito neste artigo pelo fato de ser um sistema voltado à reabilitação para o auxílio das atividades do dia a dia, visto que as sequelas no punho, cotovelo e ombros são fatores que dificultam a realização dessas atividades.

No trabalho de Trombetta et. al. [24], foi desenvolvido um sistema de RV para reabilitação de pacientes vítimas de derrame, focado no treinamento dos membros superiores, inferiores e equilíbrio. O usuário visualiza o ambiente em terceira pessoa, seus movimentos são capturados por um Kinect. O sistema possui suporte para visualização imersiva

com Oculus Rift e visualização não-imersiva em uma TV. Após testes realizados os autores concluem que houve um maior conforto com o uso da TV, por ser algo comum do dia a dia, porém uma melhor sensação de imersão, com o uso do Rift, fazendo com que os usuários ficassem mais atentos. Os autores sugerem que o uso da imersão seja realizada nas etapas finais do processo de reabilitação, após familiarização com o sistema, sendo mais proveitoso o uso com sistemas em primeira pessoa.

Este trabalho, assemelha-se com o objetivo principal do nosso, que é o uso de RV para treinamento e reabilitação, porém o nosso foca apenas na movimentação (além de treinar também a destreza) da mão, e um dos objetivos do nosso também foi fazer uma comparação entre os modos de visualização com monitor e Oculus Rift, com o sistema em primeira pessoa, os resultados podem ser visualizados na seção de Avaliação do Sistema e Resultados.

O estudo desenvolvido por Moro et. al [25] realiza uma comparação entre o uso de duas ferramentas de visualização em RV: o Oculus Rift e o Gear VR, com testes em um modelo de uma espinha medular. Os participantes responderam a um questionário pré-teste, para avaliar o conhecimento sobre anatomia, e a um pós-teste para avaliar o efeito na saúde e o envolvimento do usuário no treinamento.

Os autores obtiveram como resultados que o maior desconforto, dificuldade de concentração e desorientação foram maiores com o uso do Gear VR do que com o Oculus Rift, e uma maior sonolência com este do que com aquele. Em relação aos sintomas relacionados ao olho os maiores desconfortos encontrados foram também com o Gear VR. Desta forma, os autores concluíram que ambos foram considerados grandes ferramentas para tornar o processo de aprendizagem mais divertido, o maior desconforto com Gear VR do que com Rift pode se dar ao fato de que o Rift utiliza controladores ao passo que o Gear VR necessita do uso do mouse ou outra forma de interação.

Os trabalhos descritos acima apresentam desenvolvimentos voltados à recuperação cognitiva e física de pacientes. Estes ambientes desenvolvidos com o suporte de RV tendem a ter uma melhor aceitação do paciente, aumentando o nível de entretenimento durante o tratamento, trazendo melhorias para o paciente e auxiliando também o profissional a obter um melhor *feedback* de desempenho e configurações personalizadas. Se combinados com ambientes imersivos, o uso desses sistemas pode aproximar o paciente de um ambiente real, fazer com que ele sinta-se mais motivado e atento para a realização das tarefas propostas para sua reabilitação.

V. DESENVOLVIMENTO

A fim de alcançar o objetivo do sistema, foi desenvolvido um ambiente que consiste de atividades em formato de jogos, cada um com um objetivo específico, solicitando do usuário sua atenção e trabalhando a destreza para que o usuário possa realizar as tarefas corretamente. Como meio de interação neste ambiente foram utilizados os dispositivos Phantom Omni e Rift Touch.

O sistema, desenvolvido no ambiente Unity3D, consiste de fases. A primeira baseia-se em atividades nas quais o usuário deve percorrer trajetórias em linhas e a segunda fase consiste em tarefas específicas, como levar corretamente uma chave à porta, aplicar uma injeção em uma marcação pré-determinada e a ligar pontos através das cores.

A idealização destas atividades foi definida após verificar a necessidade de criar tarefas com início e fim bem definidos e com pontos específicos de toque para sua finalização, para que desta maneira o usuário possa forçar sua ação em busca do objetivo final, para que aos poucos ele possa ir adquirindo o controle e precisão para ter um desempenho melhor, aumentando sua capacidade de destreza e movimentos.

A primeira fase do sistema é composta por cinco exercícios, como mostra a Figura 1. Nela o usuário deve percorrer a trajetória definida pela linha. Nesta série de atividades, todas com o mesmo formato, a mudança ocorre na trajetória a ser percorrida. O usuário deve tocar no início, localizado à esquerda e ir percorrendo, mantendo a colisão com a trajetória, em toda a linha até o final. Ao colidir, a linha definida troca de cor e o percentual de completude é exibido no canto superior direito. Quando o usuário finaliza o exercício, uma mensagem de incentivo é exibida. Estes exercícios focam na destreza da mão e na amplitude de movimentos do braço do usuário.

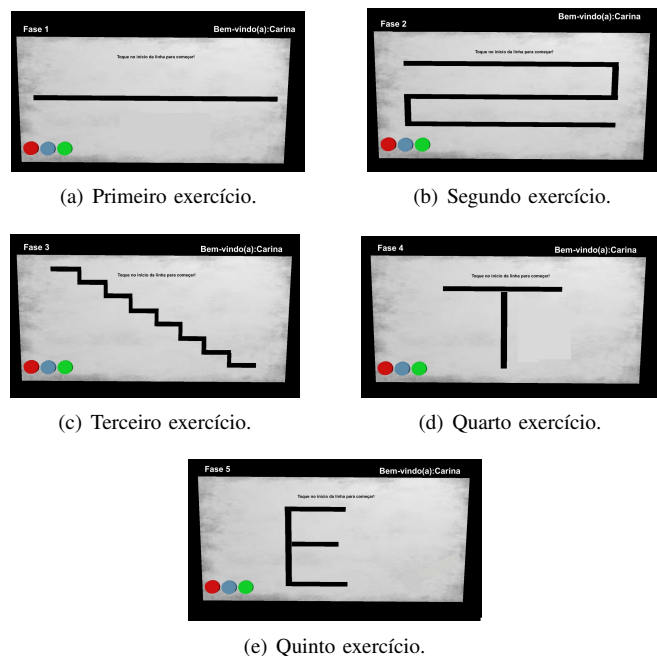


Figura 1. Exercícios que devem realizados na primeira fase do sistema.

A Figura 2 demonstra como foi desenvolvido o algoritmo que controla a execução dos exercícios nesta fase.

A interação com o AV nesta fase é definida pelo dispositivo utilizado. Ao realizar os exercícios com o Phantom Omni o usuário é informado que deverá percorrer o trajeto definido utilizando a caneta virtual. Deve tocar no início da trajetória e alcançar seu fim, completando todo o trajeto. Caso inicie

e toque no final sem completar todo o trajeto, o usuário é impossibilitado de continuar.

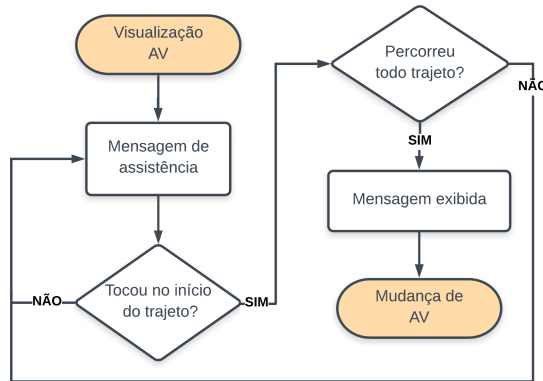


Figura 2. Análise da execução dos exercícios na primeira fase do sistema.

Ao utilizar o Rift Touch o posicionamento da mão e os movimentos dos dedos do usuário serão rastreados em tempo real, a fim de representar a mão no AV. Para executar os exercícios com este dispositivo, o usuário deverá tocar, com o dedo indicador, o trajeto definido.

A segunda fase de treinamentos consiste em três ambientes com tarefas diferenciadas, no qual o usuário deve realizar tarefas com objetivos diferentes.

O primeiro exercício da segunda fase baseia-se em buscar uma chave e levá-la até a fechadura de uma porta, treinando a destreza e amplitude do movimento do braço. A Figura 3 apresenta o modo de execução deste exercício.

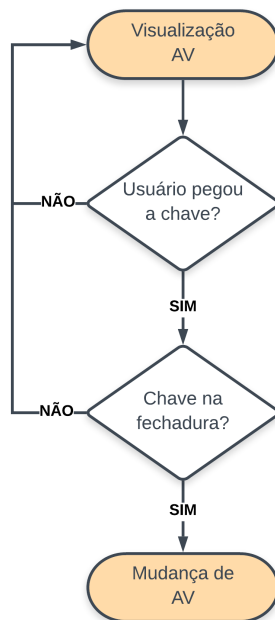
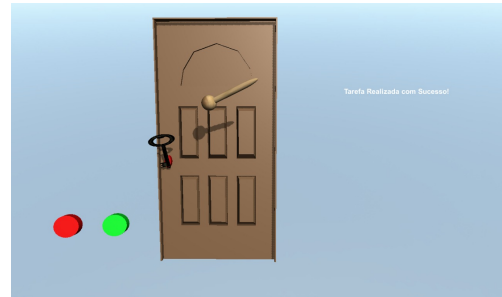


Figura 3. Análise da execução do exercício da Chave.

A interação neste exercício é realizada da mesma forma que na primeira fase. Com o Phantom o usuário deve utilizar a caneta virtual navegar até a chave, pressionar o botão presente no dispositivo e mover a chave até o marcador presente na porta (Figura 4(a)).

Ao utilizar o Rift Touch, assim como na primeira fase, a mão do usuário será representada no AV. Desta forma, o usuário deverá se aproximar da chave e pegá-la com a mão virtual, para realizar o exercício, levando a chave até o local indicado na porta (Figura 4(b)).



(a) Phantom Omni.



(b) Oculus Rift.

Figura 4. Exercício da Chave sendo realizado pelos dispositivos Phantom Omni e Oculus Rift.

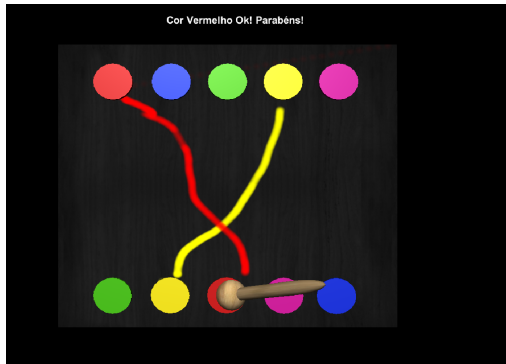
O segundo exercício da fase baseia-se em identificar uma esfera de determinada cor e conectá-la na esfera de cor correspondente, treinando a destreza e atenção.

A interação neste exercício é realizada da mesma forma que na primeira fase. Com o Phantom o usuário deve utilizar a caneta virtual (Figura 5(a)) e com o Rift Touch tocar com o dedo as cores correspondentes, como mostra a Figura 5(b).

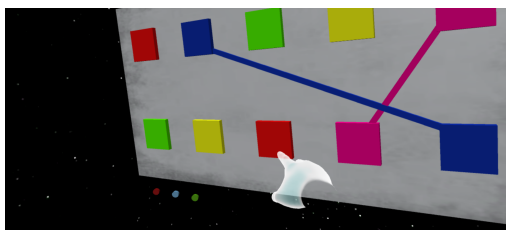
O terceiro exercício da fase consiste na aplicação de uma injeção, neste exercício há um modelo do corpo humano com a simulação de resistência da pele, músculo e osso, além de uma marcação na pele indicando onde a injeção deve ser aplicada. A Figura 6 exemplifica o desenvolvimento do algoritmo responsável pela execução deste exercício.

Através da manipulação do Phantom, o usuário deverá manipular a seringa e movê-la até a marcação da injeção no modelo tridimensional do braço. Ao posicionar a agulha na marcação, o usuário deve controlar a força de inserção da agulha, de forma que não penetre demais no modelo de forma a atingir o osso. Ao tocar a pele a ponta externa da seringa fica com a cor verde, indicando toque com a pele, ao perfurar o usuário deve pressionar o botão presente no Phantom, simulando a aplicação do líquido, nessa fase o indicador da seringa fica de cor amarela, caso a perfuração

seja exagerada e houver toque no osso a tarefa é finalizada de forma incorreta e o marcador fica de cor vermelha indicando o erro.



(a) Phantom Omni.



(b) Oculus Rift.

Figura 5. Exercício das Cores sendo realizado pelos dispositivos Phantom Omni e Oculus Rift.

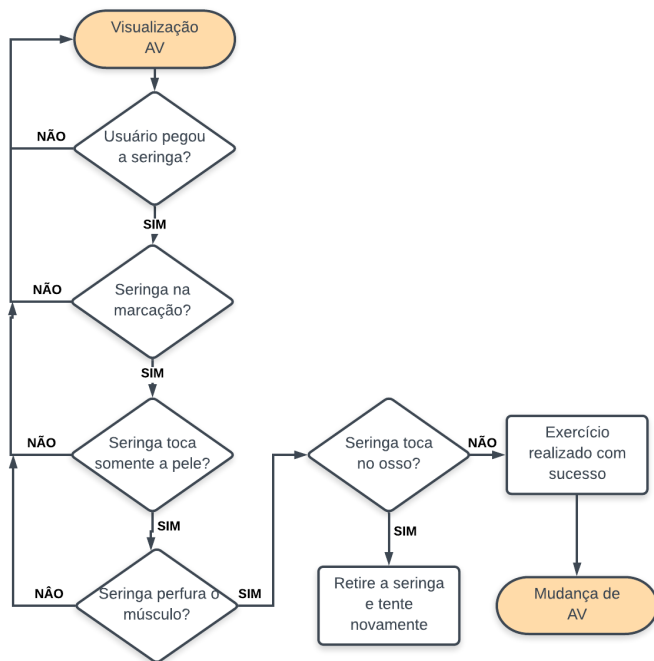
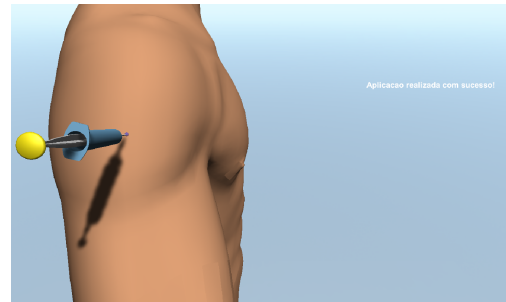


Figura 6. Algoritmo do exercício da Injeção.

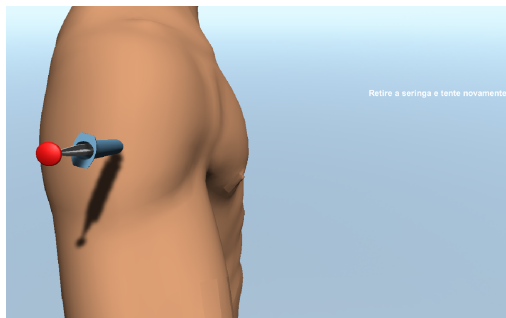
Já com o Rift Touch o usuário deverá aproximar a mão virtual da seringa e pegá-la, realizando o movimento de pega

com a mão. Este movimento será reproduzido no AV. Quando a seringa estiver na mão virtual do usuário, ele deve levá-la até a marcação presente no braço virtual. Ao inserir a seringa na marcação o usuário será informado, através de mensagens de texto e por mudança na cor do objeto, se realizou o exercício de maneira correta ou se inseriu a agulha demais no braço virtual, perfurando músculos ou ossos.

A Figura 7(a) demonstra o momento que o usuário realiza a tarefa com sucesso, com sinalização em amarelo, já a Figura 7(b) demonstra o momento em que o usuário se aprofunda na aplicação tocando o osso, com sinalização em vermelho.



(a) Exercício realizado com sucesso.



(b) Exercício realizado sem sucesso.

Figura 7. Exercício da aplicação da injeção realizado com e sem sucesso.

A Figura 8 apresenta graficamente o método de funcionamento adotado para este sistema. Ele é formado por um computador, responsável por executar a aplicação, uma tela ou HMD, que exibe os AVs e o usuário.

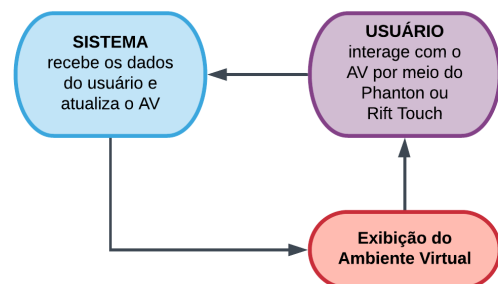


Figura 8. Diagrama de utilização do sistema.

A representação da arquitetura do sistema desenvolvido pode ser observado na Figura 9. No qual, os AVs são atualizados através do Unity3D e são controlados por meio dos *scripts* desenvolvidos. Os *scripts* estão relacionados aos Ambientes Virtuais e são responsáveis pelo funcionamento de todos os componentes da aplicação que interagem com o usuário. O Unity3D, é responsável pela reprodução das simulações. Ao mesmo tempo, que os *scripts* recebem e processam a interação do usuário. Estes *scripts* geram as animações e os mecanismos necessários para a correta utilização da aplicação. Também foi desenvolvido um outro conjunto de *scripts*, que contém a parte técnica do sistema.

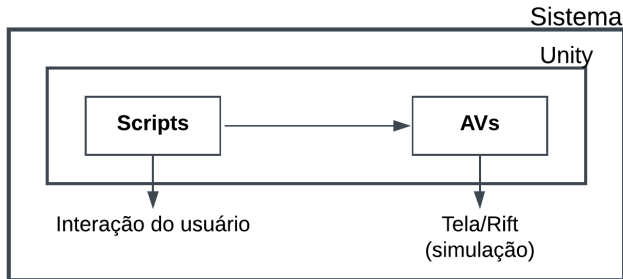


Figura 9. Esquema da arquitetura do sistema.

VI. AVALIAÇÃO DO SISTEMA E RESULTADOS

Com o objetivo de comparar os dispositivos utilizados e identificar a melhor forma de interação para o tratamento proposto, foi realizado um teste que verifica a usabilidade do sistema. A aplicação deste teste foi fundamental, pois possibilitou concluir que o sistema que utiliza o Oculus Rift, de uma forma geral, tem maior usabilidade do que o sistema que utiliza o Phantom Omni.

A utilização de questionários se mostra eficiente para reunir e organizar dados de uma forma rápida e direta, com um baixo custo de execução e análise. Além disto, os resultados podem ser utilizados para comparar sistemas similares.

Este teste foi considerado como um teste piloto, para aprimoramento do sistema e desenvolvimento de futuras versões, que possam ser de fato aplicadas em tratamento com pacientes reais.

Este sistema foi avaliado de duas formas pelo mesmo grupo de participantes. Participaram 10 pessoas, todos de forma voluntária.

Inicialmente foi demonstrado o funcionamento da aplicação desenvolvida, bem como explicadas as funcionalidades disponíveis e os exercícios a serem realizados. Posteriormente, os participantes responderam a um questionário, intitulado como pré-sessão, a fim de disponibilizar informações a respeito do perfil e formação dos participantes.

A utilização e avaliação do sistema foram realizadas individualmente logo após a exposição do participante aos AVs. A Figura 10 apresenta os usuários utilizando o sistema.



(a) Exercício realizado com o Phantom Omni.



(b) Exercício realizado com o Oculus Rift.

Figura 10. Usuários utilizando o sistema.

A. Descrição do Estudo

Este estudo foi realizado após a conclusão do desenvolvimento do sistema. O objetivo nesta etapa foi validar a usabilidade do sistema, bem como analisar a forma de interação que o usuário teve maior empenho e facilidade.

A experiência foi realizada com um grupo de voluntários, com uma amostra de 10 pessoas. O grupo era composto por seis mulheres e quatro homens, com idades compreendidas entre 23 e 36 anos. A média de idade dos participantes é de 28 anos. Todos afirmaram não realizar sessões de Terapia Ocupacional.

Os participantes responderam questões sobre a frequência de uso de sistemas informáticos, como realizar pesquisas na internet e acessar e-mail. Todos afirmaram utilizar estes serviços diariamente.

Outra questão analisada foi a experiência com RV, no qual todos os participantes possuem. Ainda neste tópico, também

foi verificada a experiência com o Phantom Omni e o Oculus Rift, em que nenhum participante indicou possuir experiência com ambos dispositivos. No entanto, 40% já utilizaram o Phantom Omni, enquanto que 30% utilizaram algum tipo de HMD e 30% nunca utilizaram tais dispositivos. Com relação à frequência de utilização, 70% afirmaram utilizar semanalmente, enquanto que 30% eventualmente.

B. Teste

Um dos itens mais importantes para o desenvolvimento deste sistema é verificar a usabilidade do sistema de acordo com o dispositivo utilizado. Para realizar esta verificação, após a utilização do sistema, foi aplicada a escala SUS (*System Usability Scale*).

A escala SUS foi desenvolvida por John Brooke, em 1986, como parte de um programa de engenharia de usabilidade do laboratório da Digital Equipment Corporation (Reino Unido). Este questionário é comumente utilizado e livremente distribuído.

A facilidade da aplicação e a pontuação tornou o SUS popular entre os pesquisadores. Tullis e Stetson [26] afirmaram que o SUS fornece avaliações superiores de usabilidade em comparação a outros questionários, como o QUIS e CSUQ.

O SUS é composto por 10 itens pré-definidos, com cinco opções de resposta. As respostas utilizam a escala de Likert, sendo 1 (discordo totalmente), 2 (discordo), 3 (neutro), 4 (concordo) e 5 (concordo totalmente). O questionário é então codificado e a pontuação total é calculada, para que seja possível definir a usabilidade do produto.

Para analisar o SUS é necessário atribuir a cada item uma pontuação de 0-4, no final dos cálculos. As pontuações para os itens de número ímpar (questões 1, 3, 5, 7 e 9) é obtida através da subtração de um ponto. Por exemplo, para a questão um, o usuário respondeu 5, concordando totalmente. Para obter a pontuação, subtrai-se 1 desses 5, o que representa uma pontuação final de 4. É necessário realizar este procedimento para cada item ímpar. Já para os itens de número par (questões 2, 4, 6, 8 e 10), a pontuação é definida pela subtração do número obtido na escala pela constante 5. Por exemplo, na questão dois, o usuário respondeu que discorda, com valor 2. Sendo assim, é subtraído de 5 o valor 2. Dessa forma obtém-se uma pontuação de 3.

Após realizar estas operações é necessário somar a pontuação de todos os itens (ímpares e pares) e multiplicá-los por 2,5 para obter a pontuação completa de usabilidade. Esta pontuação final pode ser de 0 a 100, sendo este valor considerado como percentual. Este procedimento está ilustrado na Tabela II, no qual é analisada a usabilidade do exemplo realizado anteriormente. Para avaliar cada questão separadamente foi utilizado o método descrito a seguir. As respostas foram classificadas de acordo com o item correspondente. O valor destes itens foram somados e multiplicados por 2,5.

Com relação à pontuação necessária, Cunha [28] declarou que a pontuação menor que 60 indica a insatisfação do usuário com o sistema. No entanto, pontuações maiores que 80 representam a satisfação. Lewis e Sauro [29] realizaram

Tabela II
QUADRO DE CÁLCULO PARA A PONTUAÇÃO TOTAL DE USABILIDADE DO SUS. FONTE: [27].

Pontuação dos itens de número ímpar (posição na escala - 1)	Pontuação dos itens de número par (5 - posição na escala)
Item 1: 5 - 1 = 4	Item 2: 5 - 2 = 3
Item 3: 5 - 1 = 4	Item 4: 5 - 1 = 4
Item 5: 4 - 1 = 3	Item 6: 5 - 1 = 4
Item 7: 4 - 1 = 3	Item 8: 5 - 2 = 3
Item 9: 5 - 1 = 4	Item 10: 5 - 3 = 2
Soma dos números ímpares	NI = 18
Soma dos números pares	NP = 16
Total da soma dos itens	NI + NP = 34
Pontuação total do SUS	= 34 x 2,5
Total dos itens	= 85

diversos estudos e constataram que a pontuação média do SUS é de 68. A Tabela III apresenta o aspecto analisado em cada item e o resultado atingido na utilização de cada dispositivo.

Tabela III
RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO SUS COM OS DISPOSITIVOS PHANTOM OMNI E OCULUS RIFT.

Item	Característica	Phantom	Rift
1	Frequência de uso do sistema	92,5	97,5
2	Complexidade do sistema	90	92,5
3	Facilidade de uso	90	87,5
4	Assistência para usar o sistema	85	85
5	Funções integradas do sistema	92,5	87,5
6	Inconsistência do ambiente	92,5	87,5
7	Rápida aprendizagem	97,5	92,5
8	Incômodo e complicado	92,5	97,5
9	Segurança e confiança	80	90
10	Aprendizado de outras informações	82,5	90

As informações obtidas pela aplicação do teste SUS são relevantes, pois o sistema, com ambos dispositivos, demonstra ser de rápida aprendizagem e de simples utilização, além de não gerar incômodo aos participantes, mesmo no sistema imersivo, que utiliza o Oculus Rift como modo de visualização. É importante destacar que os usuários utilizariam ambos sistemas com frequência.

Pode ser ressaltado que em nenhum dos dois sistemas, os usuários declararam a necessidade de aprender outras informações. Este resultado pode ser associado ao nível de experiência com os dispositivos, que foi declarada no questionário pré-sessão. No entanto, em ambos os dispositivos é evidente a necessidade de prestar assistência aos usuários, antes da inicialização do sistema.

Outro dado a ser destacado é que os usuários afirmaram se sentir mais seguros e confiantes utilizando o Oculus Rift. Um fator importante, que pode estar relacionado à imersividade do usuário no AV.

A Figura 11 apresenta a pontuação definida por cada participante no questionário SUS, com a utilização do sistema com os dispositivos Phantom Omni e Oculus Rift.

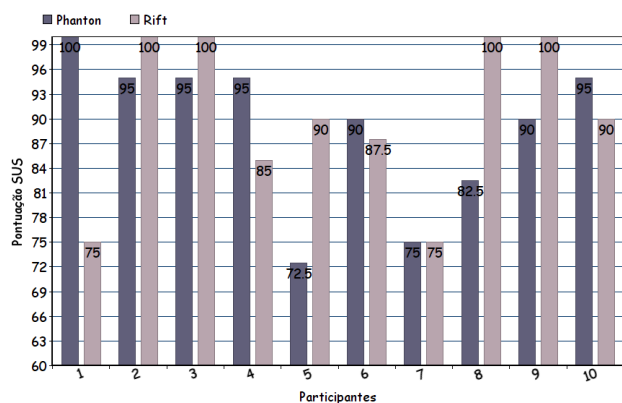


Figura 11. Gráfico com a pontuação total indicada por cada participante no SUS, com os dispositivos Phantom Omni e Oculus Rift.

VII. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho descreveu um sistema voltado à reabilitação focando na destreza motora e cognitiva, de movimento e atenção. O sistema idealizado propõe-se a estimular tátil e visualmente os usuários, visando promover a neuroplasticidade multimodal, focando em permitir que as capacidades funcionais dos usuários sejam treinadas, reaprendidas e/ou moldadas. Visto que os usuários – alvo deste tipo de sistema – podem ser pacientes com lesões cerebrais, traumas e/ou afecções degenerativas, que dificultam a realização das atividades básicas do dia a dia, o sistema visa ser uma alternativa, para auxiliar e não substituir, as sessões de fisioterapia e terapia ocupacional, utilizando o fator do entretenimento como auxiliar no processo. Foi criado então, um sistema, que exige do usuário destreza e concentração para a realização das atividades propostas.

O sistema desenvolvido expõe o paciente a diferentes Ambientes Virtuais, que podem ser ou não imersivos, conforme o dispositivo utilizado, Phantom Omni ou Oculus Rift.

Os Ambientes Virtuais apresentam exercícios que o usuário deve realizar. Estes exercícios estão divididos em duas fases. A primeira fase possui cinco tarefas, enquanto que a segunda possui três.

Ao terminar o desenvolvimento deste projeto foram realizadas avaliações. Os dados obtidos foram analisados e comprovaram que os objetivos traçados foram alcançados. Desta forma, foi verificado que ao utilizar o dispositivo Oculus Rift o usuário teve maior empenho e facilidade para realizar os exercícios propostos.

Como trabalhos futuros pretendemos desenvolver um sistema de análise, nos quais os dados do desempenho do usuário serão coletados para avaliação do terapeuta. Também pretendemos desenvolver uma tela inicial para que o profissional possa entrar com dados específicos para a particularidade de cada paciente.

Outro item a ser citado é o desenvolvimento de outras atividades, para que seja possível realizar testes com usuários reais, alterações e validação do sistema.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Patrice, A. Rajesh, K. Sophie, B. Stéphane, B. Léon and A. Aubert, "Development of an evidence-based training program for laparoscopic hysterectomy on a virtual reality simulator," vol. 31, pp. 2474–2482, 2017.
- [2] Ahmed E Mostafa, Won Hyung A Ryu, Sonny Chan, Kazuki Takashima, Gail Kopp, Mario Costa Sousa and Ehud Sharlin, "Designing NeuroSimVR: A Stereoscopic Virtual Reality Spine Surgery Simulator," Science Research & Publications, 2017.
- [3] Cristiane M. Gebara, Tito P. de Barros-Neto, Leticia Gertsenchtein and Francisco Lotufo-Neto, "Virtual reality exposure using three-dimensional images for the treatment of social phobia," Revista Brasileira de Psiquiatria, 2016.
- [4] Raquel Ellem Marcelino de Oliveira and Jauvane Cavalcante de Oliveira, "Virtual Reality System for the Treatment of Acrophobia," 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR), 2017.
- [5] Suelen Moraes de Lorenzo, Lígia Maria Presumido Braccialli and Rita de Cássia Tibério Araújo, "Realidade Virtual como Intervenção na Síndrome de Down: uma Perspectiva de Ação na Interface Saúde e Educação," Rev. Bras. Ed. Esp, 21, 2, 259-274, 2015.
- [6] Stephanie LeBlanc, Kate Paquin, Kelly Carr and Sean Horton, "Non-immersive Virtual Reality for Fine Motor Rehabilitation of Functional Activities in Individuals with Chronic Stroke: A Review," Aging Sci 1:105, 2013.
- [7] Mindy F. Levin, Patrice L. Weiss and Emily A. Keshner, "Emergence of Virtual Reality as a Tool for Upper Limb Rehabilitation: Incorporation of Motor Control and Motor Learning Principles," Physical Therapy, 95, 3, 415-425, 2015
- [8] Touch 3D Systems <https://br.3dsystems.com/haptics-devices/touch>.
- [9] Oculus Rift, Consumer Version <https://www.oculus.com/rift>.
- [10] American Occupational Therapy Association, "Estrutura da prática da Terapia Ocupacional: domínio & processo," TRev Ter Ocup Univ São Paulo, vol. 26, pp. 1–4, 2015.
- [11] American Occupational Therapy Association, "Occupational Therapy Practice Framework: Domain & Process," The American journal of occupational therapy, vol. 62, pp. 625–683, 2008.
- [12] American Occupational Therapy Association, "Occupational Therapy Practice Framework: Domain & Process," The American journal of occupational therapy, vol. 68, pp. 1–48, 2014.
- [13] Drummond Ricardo, de Carvalho Luis Alfredo V, da Costa Rosa Maria EM, F. José Raimundo and N. Susana Engelhard, "Estimulação Cognitiva de Pessoas com Transtorno Autista Através de Ambientes Virtuais," vol. 13, pp. 63–68, 2002.
- [14] Lopes, G. L. B., Yano, K. M., Tavares, N. S. A., de Oliveira Rego, I. A., Marinho, R. I., de Melo, L. P. and da Costa Cavalcanti, F. A., "Influência do Tratamento por Realidade Virtual no Equilíbrio de um Paciente com Paralisia Cerebral," vol. 24, pp. 121–126, 2013.
- [15] Disponível em: <https://br.3dsystems.com/haptics-devices/touch> Acesso em 12 Junho 2019.
- [16] L. Palmer, "Explains Oculus Rift's Constellation Tracking and Fabric", VRFocus. June 2016.
- [17] R. Albert, H. Arno, G. Mario, L. Andrew and L. Matt, "Virtual reality exposure therapy for combat-related posttraumatic stress disorder," IEEE, vol. 47, pp. 31–37, 2014.
- [18] S. Anna, W. Daphna, M. Ilan and P. Avi, "Improving the accuracy of the diagnosis of schizophrenia by means of virtual reality," in American Journal of Psychiatry, vol. 163, pp. 512–520, 2006.
- [19] C. Maria and M. Despina, "Virtual environments design assessment for the treatment of claustrophobia," in International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM), vol. 22, pp. 1–8, 2016.
- [20] Raquel Ellem Marcelino de Oliveira and Jauvane Cavalcante de Oliveira, "Virtual Environments For The Treatment Of Acrophobia," in Symposium on Virtual and Augmented Reality, vol. XX, pp **, 2018.
- [21] UNITY3D, Technologies. Unity3D Public Relations. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/public-relations>>. Acesso em 30 maio 2019.
- [22] M. Pedraza-Hueso, S. Martín-Calzón, F. J. Díaz-Pernas, and M. Martínez-Zarzuela. Rehabilitation using kinect-based games and virtual reality. In Procedia Computer Science, December, 2015.
- [23] J. Kim, M. Leea, Y. Kim, S.-D. Eunc, and B. Yoona. Feasibility of na individually tailored virtual reality program for improving upper motor functions and activities of daily living in chronic stroke survivors: A case series. In European Journal of Integrative Medicine 8 (2016) 731–737, 2016.

- [24] M. Trombetta, P. P. B. Henrique, M. R. Brum, E. L. Colussi, A. C. B. D. Marchi, and R. Rieder. Motion rehab ave 3d: A vr-based exergame for post-stroke rehabilitation, vol. 151, pp. 15–20, 2017.
- [25] C. Moro, Z. Stromberga, and A. Stirling. Virtualisation devices for student learning: Comparison between desktop-based (oculus rift) and mobile-based (gear vr) virtual reality in medical and health science education. In *Australasian Journal of Educational Technology*, November 2017.
- [26] T. Thomas S and S. Jacqueline N, “A comparison of questionnaires for assessing website usability,” in *Usability professional association conference*, vol. 1, pp. 1–12, 2004.
- [27] H. Catherine, S. Neville A and Y. Mark S, “Guide to Methodology in Ergonomics: Designing for Human Use,” ed. 2, pl. CRC Press, 2014.
- [28] M. L. C. Cunha, “Redes Sociais Dirigidas ao Contexto das Coisas,” Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2010.
- [29] J. Lewis and J. Sauro, “The Factor Structure of the System Usability Scale,” *Human Centered Design*, vol. 8, pp. 94–103, 2009.