



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

CARLOS HENRIQUE RORATO SOUZA

**Exergame Distribuído com
Cicloergômetro para a Reabilitação de
Pacientes e Geração de Engajamento
em Contextos de Telerreabilitação**

Goiânia
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese

2. Nome completo do autor

Carlos Henrique Rorato Souza

3. Título do trabalho

Exergame Distribuído com Cicloergômetro para a Reabilitação de Pacientes e Geração de Engajamento em Contextos de Telerreabilitação

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Sérgio Teixeira De Carvalho, Professor do Magistério Superior**, em 22/03/2022, às 14:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS HENRIQUE RORATO SOUZA, Discente**, em 22/03/2022, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2775134** e o código CRC **FAA3C72C**.

Referência: Processo nº 23070.006182/2022-18

SEI nº 2775134

CARLOS HENRIQUE RORATO SOUZA

Exergame Distribuído com Cicloergômetro para a Reabilitação de Pacientes e Geração de Engajamento em Contextos de Telerreabilitação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de concentração: Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Teixeira de Carvalho

Coorientadora: Profa. Dra. Luciana de Oliveira Berretta

Goiânia
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Souza, Carlos Henrique Rorato
Exergame Distribuído com Cicloergômetro para a Reabilitação de
Pacientes e Geração de Engajamento em Contextos de Telerreabilitação
[manuscrito] / Carlos Henrique Rorato Souza. - 2022.
122, f.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Teixeira de Carvalho; co-orientadora
Dra. Luciana de Oliveira Berretta.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto
de Informática (INF), Programa de Pós-Graduação em Ciência da
Computação, Goiânia, 2022.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui fotografias, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Exergame. 2. Jogos sérios. 3. Telessaúde. 4. Telerreabilitação.
5. Engajamento. I. Carvalho, Sérgio Teixeira de, orient. II. Título.

CDU 004



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

INSTITUTO DE INFORMÁTICA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **03** da sessão de Defesa de Dissertação de **Carlos Henrique Rorato Souza**, que confere o título de Mestre em Ciência da Computação, na área de concentração em Ciência da Computação.

Aos dez dias do mês de março de dois mil e vinte e dois, a partir das catorze e trinta horas, via sistema de webconferência da RNP, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“Exergame Distribuído com Cicloergômetro para a Reabilitação de Pacientes e Geração de Engajamento em Contextos de Telerreabilitação”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Sérgio Teixeira de Carvalho (INF/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora Luciana de Oliveira Berretta (INF/UFG), coorientadora; Professora Doutora Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques (EACH/USP), membra titular externa e Professor Doutor Hugo Alexandre Dantas do Nascimento (INF/UFG), membro titular interno. A realização da banca ocorreu por meio de videoconferência, em atendimento à recomendação de suspensão das atividades presenciais na UFG emitida pelo Comitê UFG para o Gerenciamento da Crise COVID-19, bem como à recomendação de isolamento social da Organização Mundial de Saúde e do Ministério da Saúde para enfrentamento da emergência de saúde pública decorrente do novo coronavírus. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Sérgio Teixeira de Carvalho, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos dez dias do mês de março de dois mil e vinte e dois.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Sérgio Teixeira De Carvalho, Professor do Magistério Superior**, em 10/03/2022, às 17:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciana De Oliveira Berretta, Professora do Magistério Superior**, em 10/03/2022, às 17:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Alexandre Dantas Do Nascimento, Professor do Magistério Superior**, em 10/03/2022, às 17:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques, Usuário Externo**, em 10/03/2022, às 18:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS HENRIQUE RORATO SOUZA, Discente**, em 10/03/2022, às 18:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2693775** e o código CRC **6F32E8ED**.

Referência: Processo nº 23070.006182/2022-18

SEI nº 2693775

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador(a).

Carlos Henrique Rorato Souza

Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Goiás (2016-2019). Dedicou sua pesquisa à área de jogos digitais em saúde. Seu artigo “Jogos Sérios e Elementos de Jogos na Promoção de Engajamento em Contextos de Telerreabilitação de Pacientes” foi premiado com o primeiro lugar na categoria de melhor artigo da trilha de Jogos em Saúde do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGames (2021). Em função disso, foi condecorado também com o Certificado de Reconhecimento do Conselho Universitário da UFG (2021). Recebeu, no ano de 2019, o prêmio UFG de Iniciação à Pesquisa, conquistando o primeiro lugar na área de Ciências Exatas e da Terra com um projeto de Iniciação Científica (PIVIC) (que se tornou seu Trabalho de Conclusão de Curso da Graduação), no qual aplicou conceitos de jogos digitais e realidade virtual imersiva no contexto de desenvolvimento de habilidades cognitivas (cognição espacial). Foi condecorado como Aluno Destaque do curso de Ciência da Computação também no ano de 2019. Possui certificação em modelagem 3D (2020-2021), com ênfase em personagens 3D e maquetes eletrônicas. Ministra oficinas e workshops sobre a área.

Dedico este trabalho aos meus pais Carlos César Pereira Souza e Teresinha Liane Rorato, à minha companheira Isabella Rodovalho Martins e ao meu irmão Lucas Eduardo Rorato Souza, que tanto me apoiaram nesta trajetória.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, ao Deus da Vida, Pai e Mãe, que nos impulsiona a utilizar nossos conhecimentos e habilidades para construir um mundo mais justo e fraterno.

Também aos professores Sérgio Teixeira e Luciana Berretta, meus orientadores. Sua paciência e dedicação intensa merecem ser reconhecidas. A experiência do Mestrado, enquanto formação acadêmica/científica, pessoal e profissional, foi a melhor possível graças ao apoio vindo de vocês. Penso ser difícil orientar o aluno com respeito, mansidão e ternura, para que seja crítico e autônomo. Devo dizer que este trabalho é exercido por vocês com maestria. Em vocês eu enxergo o docente que quero ser.

À minha família, em especial aos meus pais Carlos César Pereira Souza e Teresinha Liane Rorato e ao meu irmão Lucas Eduardo Rorato Souza. O apoio, o interesse e a compreensão que minha família empenhou nestes anos merecem gratidão. Sem seu suporte, este projeto não seria possível. Estendo este agradecimento aos meus familiares, amigos(as) e colegas que contribuíram direta ou indiretamente com esta pesquisa. Gratidão a todos e todas!

De maneira especial, à minha companheira Isabella Rodovalho Martins. Sem suas correções, ideias, críticas, apoio e companheirismo, este trabalho não alcançaria as dimensões que alcançou. Por trás do cuidado com este texto, suas nuances e pormenores, está o trabalho de revisão empregado minuciosamente e competentemente por ela.

À Profa. Dra. Krislainy de Sousa Corrêa, fisioterapeuta, líder do setor de fisioterapia e tutora da Residência Multiprofissional no Hospital das Clínicas (HC-UFG), pela disponibilidade e prontidão em contribuir com este projeto, de maneira especial nas etapas de avaliação e testagem.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), instituição pública que, através do incentivo por meio de bolsa de estudos, viabilizou este projeto. Estendo este agradecimento a toda a Universidade Federal de Goiás e ao Instituto de Informática (INF/UFG). Viva a pesquisa brasileira feita nas universidades públicas!

Por fim, a todas as pessoas que participaram de alguma forma nesta jornada, parafraseio Antoine de Saint-Exupéry, autor da história do Pequeno Príncipe: “Aqueles que passam por nós não se vão sós, não nos deixam sós. Deixam um pouco de si, levam um pouco de nós.” Gratidão.

Ia começar a estação chuvosa e um velho, bem velho, estava cavando buracos no quintal. “O que está fazendo?”, perguntou o vizinho. “Plantando mangueiras”, foi a resposta. “Espera comer mangas dessas árvores?”, perguntou o vizinho. Respondeu o velho: “Não, não viverei o bastante para isso. Mas outros comerão.”

Anthony de Mello,

Adaptado de: O enigma do iluminado. São Paulo: Edições Loyola, 1991.

Resumo

Souza, Carlos Henrique Rorato. **Exergame Distribuído com Cicloergômetro para a Reabilitação de Pacientes e Geração de Engajamento em Contextos de Telerreabilitação**. Goiânia, 2022. 122p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

São diversos os fatores envolvidos na reabilitação funcional, sendo alguns cruciais para a eficácia do tratamento realizado, como o engajamento do paciente na atividade e a participação ativa do fisioterapeuta. As dificuldades de acesso à terapia, por uma série de motivos, têm suscitado iniciativas que visam a telerreabilitação, ou seja, a realização das sessões via tecnologias de telecomunicação. Neste cenário, a participação ativa do terapeuta é comprometida e, por outro lado, os exercícios realizados são muitas vezes repetitivos e enfadonhos, diminuindo o engajamento e a motivação do paciente, comprometendo, assim, os resultados das sessões. Considerando-se estas questões, o presente trabalho visa validar a hipótese de que um *exergame* (isto é, um jogo sério desenvolvido com o objetivo de motivar a realização de exercícios físicos) construído a partir de uma arquitetura distribuída apresenta eficácia na realização de sessões de telerreabilitação que envolvem, como aparelho, o cicloergômetro, uma bicicleta de cabeceira utilizada para sessões de reabilitação de pacientes com disfunções motoras (acometidos por Acidentes Vasculares Cerebrais, Fibrose Cística ou que estiveram internados com a COVID-19, por exemplo). Para validar esta hipótese, empenhou-se a construção de um protótipo do *exergame*, seguida por duas etapas de avaliação feitas por 16 fisioterapeutas do Hospital das Clínicas da UFG (a partir do Método Delphi) e um experimento envolvendo 12 voluntários (avaliação de Experiência de Jogador). Cerca de 88,8% dos especialistas, após as duas rodadas de avaliação, consideraram que o *exergame* é adequado para as sessões de telerreabilitação. Ademais, 75% dos voluntários qualificaram a experiência como “muito satisfatória”, enquanto que os 25% restantes a caracterizaram como “satisfatória”. Os resultados, portanto, permitiram concluir a eficácia e satisfatibilidade do jogo, comprovando a validade da hipótese de pesquisa.

Palavras-chave

Exergame, Jogos Sérios, Telessaúde, Telerreabilitação, Sistemas Distribuídos, Cicloergômetro, Engajamento.

Abstract

Souza, Carlos Henrique Rorato. **Distributed Exergame with Cycle Ergometer for Patient Rehabilitation and Engagement Generation at Telerehabilitation Contexts**. Goiânia, 2022. 122p. MSc. Dissertation. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

There are several factors involved in functional rehabilitation, some of which are crucial for the effectiveness of the treatment performed, such as the patient's engagement in the activity and the physical therapist's active participation. Difficulties in accessing the therapy, because of many reasons, have given rise to initiatives of telerehabilitation, that is, holding sessions via telecommunication technologies. In this scenario, the therapist's active participation is compromised and, on the other hand, the exercises performed are often repetitive and boring, decreasing the patient's engagement and motivation, and that impacts on the sessions' results. Considering these issues, the present work aims to validate the hypothesis that an exergame (a serious game developed with the objective of motivating the performance of physical exercises) built from a distributed architecture is effective in carrying out telerehabilitation sessions that involve a cycle ergometer as a device – a bedside bicycle used in rehabilitation sessions for patients with motor disorders (affected by Cerebral Vascular Disorders, Cystic Fibrosis or who were hospitalized with COVID-19, for example). In order to validate this hypothesis, the construction of a prototype of the exergame was undertaken, followed by two validation steps done by 16 physical therapists from Hospital das Clínicas of UFG (based on the Delphi Method) and an experiment involving 12 volunteers (Player Experience assessment). About 88,8% of the specialists, after the two rounds of evaluation, considered that the exergame is appropriate for telerehabilitation sessions. Furthermore, 75% of the volunteers rated the experience as “very satisfying”, while the remaining 25% characterized it as “satisfactory”. Therefore, the results allowed to conclude the effectiveness and satisfiability of the game, proving the validity of the research hypothesis.

Keywords

Exergame, Serious Games, Telehealth, Telerehabilitation, Distributed Systems, Cycle ergometer, Engagement.

Sumário

Lista de Figuras	15
Lista de Tabelas	17
1 Introdução	18
1.1 Motivação	18
1.2 Objetivos	22
1.3 Metodologia	23
1.4 Organização do Texto	23
2 Fundamentação Teórica	24
2.1 Reabilitação Funcional	24
2.2 Telessaúde e Telerreabilitação	26
2.3 Realidade Virtual	30
2.4 Jogos, Engajamento e Jogos Sérios	32
2.5 Sistemas Distribuídos e Sistemas de Tempo Real	35
2.6 Método Delphi	39
2.7 Experiência de Jogador (PX)	42
3 Antecedentes e Pressupostos	44
3.1 Revisão Sistemática da Literatura	44
3.2 Proposta de Battisti (2020)	48
3.3 Trabalhos Relacionados	53
4 Exergame	58
4.1 Desenvolvimento do Protótipo	58
4.2 Funcionamento	67
5 Avaliação e Resultados	71
5.1 Avaliação Delphi - Primeira Rodada: Planejamento	72
5.2 Avaliação Delphi - Primeira Rodada: Resultados	74
5.3 Avaliação Delphi - Segunda Rodada: Planejamento	77
5.4 Avaliação Delphi - Segunda Rodada: Resultados	78
5.5 Experimento de PX: Planejamento e Protocolo	81
5.6 Experimento de PX: Resultados	84
5.7 Síntese	89

6	Conclusão	92
6.1	Considerações Finais	92
6.2	Produções	94
6.3	Trabalhos Futuros	95
	Referências Bibliográficas	96
A	Experiência de Jogador: TCLE e Questionários	116

Lista de Figuras

1.1	Fisioterapeuta, paciente e cicloergômetro.	20
2.1	Modelo Biopsicossocial.	25
2.2	Cicloergômetro.	25
2.3	Diagrama que ilustra a Telessaúde.	28
2.4	Sessão de Telerreabilitação.	30
2.5	Tipos de Realidade Virtual.	31
	(a) Realidade Virtual Imersiva.	31
	(b) Realidade Virtual Não Imersiva.	31
2.6	Círculo Mágico.	33
2.7	Jogo sério utilizado na reabilitação motora de pacientes.	35
2.8	Modelos de arquitetura em SDs.	36
	(a) Arquitetura Centralizada.	36
	(b) Arquitetura Descentralizada.	36
2.9	Sistema Distribuído de Tempo Real.	38
2.10	Diagrama de Atividades do Método Delphi.	40
3.1	Dados acerca dos resultados encontrados na revisão.	47
	(a) Recursos para a geração de engajamento.	47
	(b) Abordagens de interação.	47
3.2	Esquema do projeto de adaptação usando o Arduino.	49
3.3	Projeto de casos de uso do <i>exergame</i> .	50
3.4	Arquitetura da aplicação proposta pelo projeto.	51
3.5	Arquitetura da aplicação proposta pelo projeto.	52
	(a) Tela de configuração.	52
	(b) Tela da atividade.	52
	(c) Gráfico de desempenho geral.	52
4.1	Atores e Casos de Uso do <i>Exergame</i> .	59
4.2	Teclado numérico utilizado para controlar o jogo.	60
4.3	Sensores e placa Arduino Uno.	61
4.4	Cicloergômetro adaptado para o projeto.	61
4.5	Diagrama de Transmissão dos Dados.	62
4.6	Processo de desenvolvimento do <i>exergame</i> .	63
	(a) Cenário.	63
	(b) Personagem.	63
4.7	Posições ergonômicas para a interação com o <i>exergame</i> .	64
4.8	Estrada cíclica e sistema para curvas.	66
4.9	Telas do jogo em funcionamento: Paciente e Fisioterapeuta.	68

4.10	Telas de configuração do <i>exergame</i> .	68
4.11	Elementos de jogos desenvolvidos para o <i>exergame</i> .	69
	(a) Personagem desenvolvido.	69
	(b) Obstáculos, metas e objetos coletáveis.	69
4.12	Tela do Fisioterapeuta em modo “Jogador”.	70
4.13	Gráfico de desempenho da sessão.	70
5.1	Distribuição das respostas às questões fechadas da primeira etapa.	75
5.2	Distribuição das respostas às questões fechadas da segunda etapa.	79
5.3	Ambiente montado para os voluntários.	82
5.4	Realização do experimento.	83
5.5	Distribuição das idades e graus de escolaridade dos voluntários.	85
5.6	Respostas às questões fechadas do Questionário Final (Q2).	88

Lista de Tabelas

2.1	Comparação entre UX e PX.	43
3.1	Artigos aceitos por base de dados.	46
3.2	Comparação entre os trabalhos apresentados e a proposta deste projeto.	57
5.1	Distribuição das respostas ao Questionário Inicial (Q1).	86
5.2	Síntese das respostas aos questionários e da observação da atividade.	91

Introdução

Este capítulo apresenta a motivação para a realização deste trabalho, bem como seus objetivos, os procedimentos metodológicos empregados e a organização de todo o texto.

1.1 Motivação

A reabilitação de pacientes é uma área que apresenta inúmeras questões e variáveis das quais depende a sua eficácia [164]. Em primeiro lugar, a disponibilidade do tratamento – que envolve a presença física do profissional de saúde, os equipamentos e a possibilidade de deslocamento do paciente até o local onde são realizadas as sessões – é um fator de peso e que tem limitado o acesso de muitos pacientes à terapia, seja por residirem em ambientes distantes (rurais, por exemplo), ou ainda por outros motivos adversos, como a realidade de distanciamento social imposta pela COVID-19 [78].

Além disso, a participação ativa do fisioterapeuta é fator de extrema importância para que o paciente execute corretamente os exercícios e para que seu estado de saúde seja monitorado e as atividades reguladas tendo em vista estas informações [28]. Com as dificuldades de acesso, essa participação fica restrita e muitas vezes não acontece. Os exercícios são recomendados pelo fisioterapeuta e o paciente realiza-os em sua casa. Porém, sem o acompanhamento e o *feedback* necessário, ele não sabe se está fazendo-os corretamente, podendo incorrer em fraturas ou lesões [60]. Ademais, o profissional de saúde não consegue verificar o andamento da atividade e personalizá-la, por exemplo, aumentando ou diminuindo o esforço realizado. Em muitos lugares, a solução encontrada pelos profissionais de saúde consiste na elaboração de materiais didáticos, como cartilhas explicativas que são fornecidas ao paciente, mas que, infelizmente, não oferecem nenhum tipo de controle ou segurança, tanto para ele quanto para o fisioterapeuta [44].

Um terceiro fator considerado crucial para o sucesso das sessões de reabilitação é a motivação e o engajamento do paciente nos exercícios que estão sendo realizados [105]. Muitas vezes, as atividades são repetitivas e enfadonhas, fazendo com que o paciente não realize os exercícios ou os faça de maneira inadequada. Sem o engajamento, a

reabilitação não consegue alcançar os resultados esperados. A título de exemplo, no caso de pacientes com Fibrose Cística, que precisam realizar exercícios de reabilitação por longos períodos (muitas vezes durante toda a vida, desde os primeiros anos de idade), a falta de engajamento na terapia e a consequente não realização desta se mostram presentes e determinantes para a qualidade de vida [94].

Considerando-se o cenário de reabilitação no ambiente doméstico ou de *telerreabilitação*, onde paciente e fisioterapeuta estão em ambientes diferentes e a sessão é mediada por tecnologias de comunicação [152], pelas dificuldades de acesso já mencionadas ou por outras razões, os problemas se somam e se intensificam. A falta de participação ativa do fisioterapeuta, as dificuldades no monitoramento da atividade e a falta de motivação e engajamento por parte do paciente se tornam grandes obstáculos que impedem o bom andamento das sessões e a obtenção de resultados com eficácia¹.

Todas estas dificuldades são encontradas em diversas modalidades de terapia. Em casos de disfunções musculares nos membros superiores ou inferiores, causadas por inatividade física (em cenários de pós-operatório ou de recuperação em Unidades de Terapia Intensiva - como é o caso dos pacientes pós-COVID-19), pela ocorrência de um Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou ainda problemas respiratórios ou doenças como Enfisema Pulmonar e Fibrose Cística, as sessões de reabilitação utilizam um aparelho denominado *cicloergômetro* (Figura 1.1). Trata-se de uma bicicleta de cabeceira, por meio da qual, pedalando, o paciente pode exercitar seus membros superiores e inferiores [132].

Com o cicloergômetro, o paciente desenvolve ou melhora sua habilidade em realizar movimentos com os membros, controlar sua postura e equilibrar-se, além do controle de sua velocidade e fortalecimento do quadril e de outros músculos [25]. Ademais, para pacientes em cenários de inatividade física como os citados anteriormente, o uso deste equipamento de forma precoce no tratamento pode auxiliar na manutenção da capacidade muscular [63, 149, 25].

Em contextos de reabilitação com aparelhos, como o cicloergômetro, algumas abordagens que fazem uso de artefatos computacionais tem despontado como alternativas para os métodos tradicionais, envolvendo cartilhas e similares. As soluções utilizando jogos estão entre estas, dado que conseguem despertar o engajamento e a motivação, trazendo uma dimensão de entretenimento para as atividades que seriam cansativas e repetitivas [156].

Entretanto, algumas limitações ou dificuldades também são notadas. Questões sobre a presença ativa do fisioterapeuta na atividade realizada, sua influência no curso da sessão e a possibilidade de acompanhamento do desenrolar dos exercícios (por meio

¹ Além de constatar todos estes problemas amplamente na literatura, diálogos entre os membros do projeto e fisioterapeutas corroboraram a recorrência e as dificuldades enfrentadas por conta destes obstáculos.



Figura 1.1: Fisioterapeuta, paciente e cicloergômetro [13].

de *feedback* em tempo real) são consideradas desafios [28]. O grande enfoque está na interação entre o paciente e o jogo, que muitas vezes é pensada somente neste escopo, considerando que o paciente jogará sozinho e sem o acompanhamento do profissional de saúde, ou que este acompanhamento acontece de forma presencial. Quando muito, o profissional de saúde monitora os dados ou configura aspectos da atividade, sem interferências diretas ou possibilidades de interação ativa.

Além disso, no caso da utilização do cicloergômetro, o processo de captura dos movimentos do paciente (para que aconteça a interação com o jogo) se dá de forma incômoda, como a utilização de sensores acoplados ao seu corpo, ou ainda por meio de *joysticks* disponíveis no mercado, que possuem alto custo e são de difícil obtenção [146, 177, 104]. Todos estes fatores dificultam a adesão ao tratamento, principalmente considerando-se o cenário de telerreabilitação no ambiente doméstico, onde a assistência é limitada aos familiares, quando existe.

Nesse contexto, este trabalho pretende validar a hipótese de que um *exergame* (isto é, jogo sério que visa tornar a prática de exercícios físicos menos enfadonha e mais motivadora, promovendo o aumento do engajamento do paciente com o jogo) construído a partir de uma arquitetura distribuída apresenta eficácia na realização de sessões de telerreabilitação que envolvem, como aparelho, o cicloergômetro. Para isso, um protótipo foi desenvolvido, composto pelo *exergame* em si e pelos dispositivos de *hardware* que são acoplados ao cicloergômetro.

No horizonte deste projeto, a eficácia e sua verificação são compreendidas em três níveis que, por sua vez, complementam-se. Em primeiro lugar, situa-se um estudo qualitativo com profissionais atuantes na área de fisioterapia, buscando validar os conceitos e as funcionalidades do jogo. A seguir, encontra-se a realização de um experimento com voluntários, visando trazer perspectivas acerca da utilização do *exergame* em termos de engajamento e jogabilidade. Por fim, o último nível contempla um estudo clínico en-

volvendo pacientes e fisioterapeutas, com o objetivo de avaliar a solução desenvolvida no cenário real. Por limitações de tempo, este último nível não foi contemplado no escopo deste trabalho.

A presente abordagem é continuidade direta, ainda que entre muitas rupturas, do projeto de Battisti [13, 14]. A proposta apresentada por ele consiste no desenvolvimento de um *exergame* para proporcionar uma experiência mais atrativa e efetiva nas sessões de fisioterapia com o cicloergômetro, de forma que a atividade seja supervisionada presencialmente pelo fisioterapeuta. Além disso, o *exergame* é conectado a um sensor fisiológico capaz de compartilhar os dados de frequência cardíaca e oximetria de pulso do paciente que está jogando, a partir de dispositivos de *hardware* construídos de forma a permitir a comunicação com o cicloergômetro.

Enquanto que, por um lado, há a continuidade direta deste projeto, visando dar passos à frente daquilo que já foi desenvolvido e validado, há, por outro, rupturas e modificações que trazem perspectivas completamente novas neste contexto, bem como outras possibilidades e horizontes. A ideia de separar os dois atores, considerando um ambiente de telerreabilitação, é a grande mudança, que traz consigo implicações diversas e faz deste projeto completo em sua proposta. Foi realizado um profundo processo de remodelagem arquitetural da aplicação, a qual foi reprojeta e reimplementada de forma distribuída, com duas interfaces diferentes - uma para o paciente e outra para o fisioterapeuta - e todas as implicações que esta mudança acarreta, dentre as quais pode-se citar: envio e recepção de dados, questões envolvendo sistemas de tempo real, remodelagem do sistema de interação entre o paciente, o fisioterapeuta e o jogo (cada ator possui sua interface e interage de forma diferente com a aplicação). Ocorreram ainda algumas alterações em relação ao *hardware*, a inserção de outros elementos de jogos para melhorar a experiência do paciente enquanto jogador e aumentar seu engajamento e, por fim, o avanço no processo de avaliação do protótipo, utilizando métodos de validação com especialistas e testes em pessoas.

O *exergame* construído propõe-se a viabilizar, através de uma arquitetura distribuída, a realização de sessões de telerreabilitação com o cicloergômetro, o qual é transformado em um “*joystick*” de baixo custo, por meio do acoplamento de sensores para a captura de dados vitais e pedaladas do paciente, sendo uma alternativa barata e de fácil manuseio.

O jogo, cuja construção é baseada no modelo *endless runner*, apresenta ao paciente um avatar com uma bicicleta, controlado pelas suas pedaladas no cicloergômetro e por um controle auxiliar que permite mais movimentos. Seus dados vitais e outras informações são mostradas na tela. O objetivo é coletar a maior quantidade possível de moedas que aparecem ao longo da corrida, desviando dos obstáculos, dentro do tempo estipulado pelo fisioterapeuta. Os dados são mostrados em tempo real na interface do

profissional de saúde, por meio de tecnologias de sistemas de tempo real. Ademais, a solução comporta a interação com uma plataforma para a comunicação entre os dois atores, por meio de recursos de realização de videochamadas.

No quesito interação entre paciente e fisioterapeuta, o *exergame* é pensado de forma a permitir que o fisioterapeuta – além de acompanhar os dados dos sensores em tempo real, gerar relatórios de acompanhamento e configurar a atividade de forma dinâmica (em tempo de execução) – possa interagir no ambiente do jogo junto ao paciente, participando com ele da atividade. Se o profissional de saúde assim desejar, pode ter seu próprio avatar e “pedalar” próximo ao seu paciente, usando, para isso, os controles do teclado. Dessa forma, os dois “correm” lado a lado. Isso permite que o fisioterapeuta controle a realização da atividade de outras formas mais “amigáveis”, e não simplesmente configurando limites. Se ele deseja, por exemplo, que o paciente diminua sua velocidade, ele pode movimentar mais lentamente seu próprio avatar, pedindo para que o paciente o acompanhe. Essa participação aumenta ainda mais o vínculo e a motivação do paciente com a atividade e com o tratamento [164].

Por fim, a validação do protótipo desenvolvido a partir de técnicas e metodologias de avaliação utilizadas nas áreas de Computação e Saúde permitiram, quando conjugados seus resultados, concluir pela validade da hipótese levantada.

1.2 Objetivos

Este projeto tem por objetivo geral de pesquisa demonstrar a eficácia da utilização de um *exergame* distribuído como um suporte e/ou uma alternativa engajadora para a telerreabilitação de pacientes que, em seus procedimentos de terapia, utilizam o cicloergômetro como aparelho.

Considerando-se este cenário, são objetivos específicos:

- Explorar, identificar e analisar os projetos de jogos digitais existentes que propõem-se a engajar o paciente na realização das sessões de fisioterapia (reabilitação e/ou telerreabilitação);
- Aprimorar a interação entre o paciente e o *exergame* por meio de controles, sensores e de adaptações realizadas no cicloergômetro;
- Levantar possibilidades para a intensificação do engajamento do paciente ao realizar as atividades do tratamento, por meio de elementos de jogos;
- Projetar e desenvolver o protótipo de um *exergame* (jogo, dispositivos de *hardware* e demais artefatos de *software*) que, por meio do uso de sistemas de tempo real, possibilite a realização de sessões de telerreabilitação;
- Avaliar a eficácia da solução desenvolvida, por meio de processos de coleta de dados, validação e testagem com fisioterapeutas e com voluntários.

1.3 Metodologia

A metodologia segue em três grandes etapas, cujos materiais e métodos derivaram da hipótese de pesquisa levantada. A primeira foi composta por estudos preliminares que despontaram como pressupostos e antecedentes, norteados o planejamento e desenvolvimento do *exergame*, bem como os processos de avaliação. Neste sentido, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), um estudo aprofundado da proposta de Battisti [13] (que embasa este projeto), bem como a análise de trabalhos relacionados à proposta aqui discutida.

A segunda grande etapa metodológica visou o desenvolvimento do protótipo, que abordou as questões referentes à interação entre o paciente, o jogo e o fisioterapeuta. O *exergame*, desenvolvido em um motor de jogos, e também os dispositivos de *hardware* e *software* auxiliares foram construídos nesta etapa. É o momento onde ganharam espaço a discussão acerca das escolhas de projeto e ainda o enfrentamento de dificuldades do processo.

Por fim, a terceira etapa teve por objetivo a testagem e a avaliação do *exergame* apresentado. Este processo foi pensado em dois grandes passos. O primeiro foi a realização de uma avaliação pelo Método Delphi [18], que consistiu na aplicação de rodadas de questionários a especialistas em Fisioterapia Hospitalar, tendo em vista a avaliação dos conceitos empregados na construção da solução e ainda a obtenção de um parecer acerca das funcionalidades implementadas no *exergame*. O segundo passo foi a realização de testes de Experiência de Jogador (*Player Experience* - PX) com voluntários [47], que utilizaram a ferramenta em uma pequena sessão, registrada por vídeo. A resposta a questionários por parte dos voluntários e a análise das gravações permitiram a obtenção dos resultados dos testes. Dessa forma, validada a eficácia do *exergame*, a validade da hipótese também foi verificada.

1.4 Organização do Texto

O texto que segue está dividido da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o tema, trazendo os principais conceitos abordados; o Capítulo 3, por sua vez, apresenta os antecedentes e pressupostos da pesquisa; o Capítulo 4 detalha o processo de desenvolvimento do *exergame* e seu funcionamento; o Capítulo 5 aponta e discute os processos de avaliação/testagem e os resultados obtidos; por fim, o Capítulo 6 apresenta alguns apontamentos e considerações finais, bem como a lista de produções derivadas deste projeto e ainda os trabalhos futuros que norteiam a continuidade desta pesquisa.

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os fundamentos que nortearam e embasaram a construção desta pesquisa. São elucidados os principais conceitos envolvidos no desenvolvimento do projeto.

2.1 Reabilitação Funcional

Na área da saúde, a reabilitação funcional se encaixa como uma área no domínio da medicina física. Trata-se da utilização de técnicas e medidas que visam auxiliar pacientes que possuem alguma disfunção ou deficiência para que, a partir dessas medidas, sejam preparados para lidar com sua vida cotidiana, mantendo a funcionalidade afetada pela disfunção ou deficiência em um estado ideal de funcionamento, considerando também a interação com seu ambiente [128, 135].

Disso, depreende-se que a centralidade desta área está na recuperação de alguma funcionalidade, buscando-se sempre a recuperação total, ainda que nem sempre essa realidade seja possível de ser atingida. Além disso, ponto importante é assegurar a autonomia do paciente em seu cotidiano, buscando trazer qualidade de vida mesmo quando o funcionamento ideal não é atingido. Para cada disfunção ou deficiência, existem métodos, técnicas e medidas específicas [3]. A Organização Mundial da Saúde (OMS) apresenta um modelo biopsicossocial para elencar os elementos que compõem as funcionalidades e o processo de reabilitação, a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). Ele é mostrado na Figura 2.1.

Em primeiro lugar, considera-se a condição de saúde, disfunção ou deficiência que o paciente apresenta, e que compromete ou afeta algumas funções e estruturas do corpo. Assim, a determinação das atividades que ele será capaz de realizar dependerá desses fatores. Entretanto, outros componentes precisam ser considerados: os fatores pessoais, que são próprios de cada sujeito, as condições do ambiente (fatores ambientais) e a participação do indivíduo nas atividades. É preciso ter em consideração todos estes fatores ao serem planejadas as intervenções, a fim de garantir que este irá realizar os

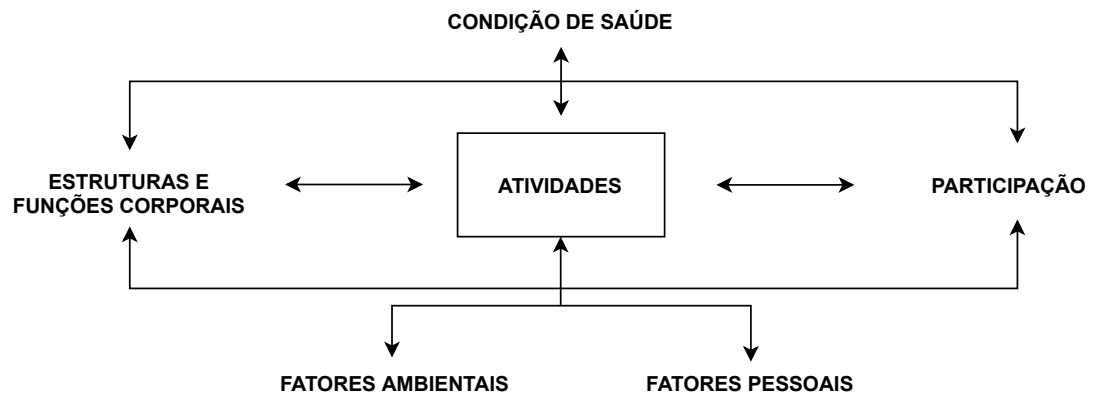


Figura 2.1: Modelo Biopsicossocial.

exercícios, uma vez que, quanto maior o envolvimento do paciente na atividade, de forma mais expressiva acontece o progresso [117].

O fisioterapeuta é o profissional que mais está presente no processo de reabilitação funcional e cabe a ele planejar os exercícios, auxiliando o paciente na sua realização. A interação entre o paciente e o fisioterapeuta é extremamente importante, uma vez que as orientações sobre os exercícios auxiliam para que estes sejam feitos de forma correta, evitando a incorrência em lesões ou danos indesejados [60]. Além disso, a participação ativa do fisioterapeuta é fator crucial para a eficácia das sessões [28].



Figura 2.2: Cicloergômetro.

Muitas são as possibilidades de exercícios e os aparelhos a serem utilizados. Em casos de necessidade de exercícios motores nos membros superiores e inferiores, um aparelho utilizado tanto em ambientes hospitalares quanto domésticos é o cicloergômetro (Figura 2.2). É um equipamento estacionário, concebido de forma a permitir que as extremidades superiores e inferiores realizem, de forma cíclica, exercícios de rotação

[132]. Permite a execução de exercícios ativos, passivos e também resistidos. Trata-se, a grosso modo, de uma pequena bicicleta de cabeceira, cuja força necessária para que se realizem as rotações é regulável. Este equipamento permite que o paciente exercite suas habilidades motoras, de equilíbrio, controle de postura, fortalecimento funcional e velocidade, além de aumentar a capacidade e força do quadríceps, junto com a autopercepção funcional [25].

São muitas as variáveis que contribuem para a eficácia das sessões de reabilitação de pacientes [164]. Podem ser citadas a disponibilidade do tratamento (profissional de saúde, equipamentos e possibilidade de deslocamento do paciente), a participação ativa do fisioterapeuta [28], além, é claro, da motivação e engajamento do paciente na realização da atividade [117, 105]. Somando-se todos estes fatores, a reabilitação pode acontecer de forma satisfatória, trazendo os resultados esperados e cumprindo os seus objetivos, com contribuições diretas na qualidade de vida do paciente.

2.2 Telessaúde e Telerreabilitação

O projeto desenvolvido tem por base os princípios da telessaúde, sendo, de fato, uma aplicação destes conceitos. Este termo, muito discutido, aborda questões que envolvem a intervenção da tecnologia como viabilizadora de alguns serviços de saúde. Sendo assim, nesta área é oportuno e de grande importância a possibilidade de integração entre a computação e a saúde.

Conceitualmente, a *telessaúde* é definida como sendo a possibilidade de “assistência em saúde através da troca de informações via computador e outros meios de comunicação similares” [67]. Trata-se de um conjunto de ferramentas e recursos extremamente importantes para contextos em que não é possível a realização de consultas ou atendimentos presenciais. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), em contextos de necessidade – como no caso dos países em desenvolvimento – é de extrema importância que as tecnologias de informação e comunicação colaborem para uma melhor assistência de saúde, pesquisas e outras atividades relacionadas [136]. É um desafio de ambas as áreas, tecnologia e saúde, que caminhem juntas para alcançar estes objetivos [67].

Na telessaúde, a interação pode se dar de três formas principais: síncrona ou interativa, fazendo uso de sistemas de tempo real e meios de comunicação síncronos, assíncrona (fazendo uso de sistemas de armazenamento e envio de informações) ou ainda de forma híbrida, de maneira a combinar formas síncronas e assíncronas [68].

Trazendo o suporte a processos de diagnósticos, educação e terapêutica a partir da transferência de informações médicas por intermédio da tecnologia [7], com a finali-

dade de prestação de apoio clínico, superando as barreiras geográficas e visando melhores resultados de saúde [134], a Telessaúde engloba, principalmente, as seguintes áreas [152]:

- Telemedicina;
- Teleoftalmologia;
- Tele-enfermagem;
- Telefonaudiologia; e
- Telefisioterapia.

A realização de atendimentos pela Telessaúde (as chamadas “teleconsultas”) podem ser de caráter aditivo (além do atendimento presencial), alternativo (quando substituem o atendimento presencial) ou parcialmente substitutivo, quando, ao longo do tratamento, algumas partes do atendimento se dão de forma presencial e outras como teleconsultas [54]. Em relação aos meios de comunicação utilizados, uma revisão sistemática realizada na área revelou que os principais são telefone, *e-mail*, sistemas de consulta eletrônica, vídeo e mensagens; muitas iniciativas apostam ainda na combinação de dois ou três meios para obter um melhor desempenho [54].

A Figura 2.3 ilustra a dinâmica de realização de um atendimento por meio da Telessaúde baseado em um meio de comunicação. Ainda que no diagrama estejam ilustrados computadores conectados por uma rede (a internet, por exemplo), nada impede que sejam utilizados outros meios. As vantagens e desvantagens do meio escolhido, entretanto, impactarão de forma direta na qualidade do atendimento.

O paciente se comunica com o profissional de saúde pelo meio escolhido. Envia as informações necessárias (dados e imagens, por exemplo) e o profissional de saúde, tendo-as recebido e analisado, pode retornar ao paciente suas impressões, diagnósticos e ainda receitas médicas ou pedidos de exames. É preciso considerar, entretanto, as limitações do meio de comunicação em questão, que pode não suportar determinados recursos necessários. No caso da ilustração, onde a conexão se dá por computadores conectados entre si a partir de uma rede, é possível que esta comunicação aconteça via *videocalls*, por exemplo, sendo possível a troca de imagens, vídeos e informações escritas entre os dois atores. As possibilidades com base no uso de computadores são muitas.

A Telessaúde pode ser útil em diversos cenários. Considerando-se o objetivo de viabilizar os serviços de saúde a serem prestados (quando não é possível que sejam realizados pelas dificuldades de acesso) ou ainda de melhorar a sua qualidade, a Telessaúde aumenta a resolutividade do nível de atendimentos básicos e amplia as possibilidades de obtenção de atendimento especializado, principalmente em regiões afastadas ou contextos onde existem distâncias [58].

No Brasil, questões relativas à telemedicina estão em discussão há muitos anos, sem, porém, chegar-se a um consenso e serem estabelecidos critérios e uma legislação

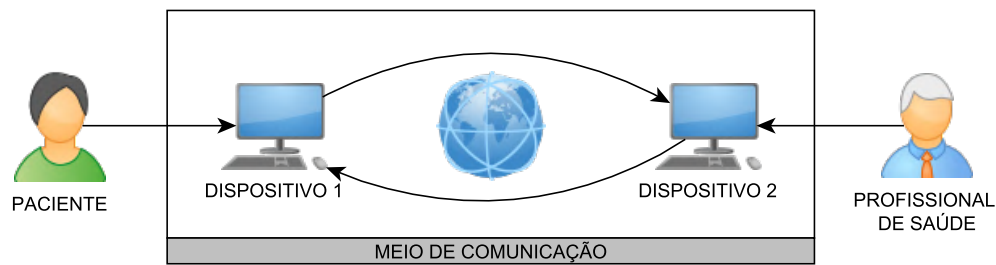


Figura 2.3: Diagrama que ilustra a Telessaúde.

ampla que regulamentasse a prática [62]. Entretanto, nos últimos anos as discussões se intensificaram (com a publicação, por exemplo, da Resolução 2.227/18 do Conselho Federal de Medicina) e, com a situação caótica provocada pela pandemia da COVID-19, o Senado aprovou, ainda em março de 2020, o Projeto de Lei 696/20, tornando legalmente viável a utilização da telemedicina em caráter emergencial, isto é, durante a pandemia:

Art. 3º Entende-se por telemedicina, entre outros, o exercício da medicina mediado por tecnologias para fins de assistência, pesquisa, prevenção de doenças e lesões e promoção de saúde [22].

Abrangendo todas as áreas da telessaúde, o projeto permite a realização de consultas, atendimentos, as chamadas “teleinterconsultas” (troca de opiniões entre profissionais de saúde sobre casos e diagnósticos), prescrição de medicamentos e a emissão de atestados eletrônicos. Assim, “a interação à distância contempla: atendimento pré-clínico, suporte assistencial, consulta, monitoramento e diagnóstico” [127]. As discussões apontam para uma regulamentação efetiva da telessaúde no país, ainda que em caráter auxiliar, como uma possibilidade ou alternativa, sem, contudo, substituir por completo os atendimentos presenciais.

O projeto de lei objetiva, emergencialmente, durante a crise ocasionada pelo coronavírus, autorizar o exercício da telemedicina, em quaisquer atividades da área de saúde. Temos como fato concreto uma situação crítica e urgente, com maior demanda por atendimento médico e que pode sobremaneira comprometer ou estressar o serviço médico brasileiro. Nessa circunstância, em particular, deve ser dispensável qualquer requisito burocrático para o exercício da telemedicina. O mais importante é assegurar à nossa população a continuidade do atendimento [22].

A *telerreabilitação*, por sua vez, entra neste cenário como um desdobramento da telefisioterapia, visando utilizar os meios de comunicação para a realização das sessões que envolvem a reabilitação de pacientes. A American Telemedicine Association define a Telerreabilitação como o envolvimento de profissionais de reabilitação no uso de tecnologias de computador e telecomunicações, com o objetivo de garantir e melhorar

o acesso a serviços de reabilitação e contribuindo para o aumento da independência do paciente [8]. É, em resumo, a utilização de conceitos e componentes da telessaúde aplicados ao contexto da reabilitação [56].

O Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO), com a publicação da Resolução de número 516, no dia 20 de março de 2020, regulamentou os serviços de teleconsulta, teleconsultoria e telemonitoramento:

§ 1º A Teleconsulta consiste na consulta clínica registrada e realizada pelo Fisioterapeuta ou Terapeuta Ocupacional à distância.

§ 2º O Telemonitoramento consiste no acompanhamento à distância, de paciente atendido previamente de forma presencial, por meio de aparelhos tecnológicos. Nesta modalidade o Fisioterapeuta ou Terapeuta Ocupacional pode utilizar métodos síncronos e assíncronos, como também deve decidir sobre a necessidade de encontros presenciais para a reavaliação, sempre que necessário, podendo o mesmo também ser feito, de comum acordo, por outro Fisioterapeuta ou Terapeuta Ocupacional local.

§ 3º A Teleconsultoria consiste na comunicação registrada e realizada entre profissionais, gestores e outros interessados da área de saúde, fundamentada em evidências clínico-científicas e em protocolos disponibilizados pelo Ministério da Saúde e pelas Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, com o fim de esclarecer dúvidas sobre procedimentos clínicos, ações de saúde e questões relativas ao processo de trabalho [37].

Nessa perspectiva, são utilizados os recursos de *software*, videoconferências (Figura 2.4), sensores (como próteses sensorizadas, acelerômetros, pedômetros, oxímetros e outros), chamadas telefônicas e mensagens para a realização das sessões de reabilitação [126]. Elas são utilizadas para monitorar a deambulação de pacientes, possibilitar e acompanhar a realização dos exercícios (reabilitação motora, por exemplo), na educação e diálogo sobre a patologia do paciente, além de outras intervenções terapêuticas [126].

São diversos os pontos positivos acerca do uso da telerreabilitação como possibilidade no tratamento, desde o incentivo da participação de cuidadores e membros da família a se engajarem no processo, passando pelo aumento da adesão do paciente ao tratamento, além de permitir o aumento da frequência da realização das sessões, por não ser necessário qualquer deslocamento [152]. Além disso, do ponto de vista técnico, é mencionada a eficácia no uso da telerreabilitação para avaliação médica, monitoramento à distância, realização das atividades de reabilitação (exercícios), bem como para a educação dos profissionais e troca de conhecimentos [126].



Figura 2.4: Sessão de Telerreabilitação [170].

2.3 Realidade Virtual

O ser humano sempre encontrou, desde os tempos pré-históricos, formas de expressar ou representar sua realidade. Com as multimídias (textos, imagens, sons, vídeos, animações) ou ainda hipermídias (interação e navegação não-linear por conteúdos multimídia), essas formas de expressão foram potencializadas e atingiram um novo patamar. A convergência desses conceitos resulta na Realidade Virtual (RV) [113]. Ela é, antes de tudo, uma interface do usuário, que possibilita o acesso a aplicações que permitem que ele visualize ou se movimente em ambientes tridimensionais em tempo real [113]. Os jogos são, por consequência, propícios à aplicação de técnicas de RV, por permitirem esta simulação de ambientes 3D em tempo real.

Definida por Jerald como “um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real” [106], a Realidade Virtual é um conceito vastamente utilizado nos dias de hoje. A ideia de envolvimento dos sentidos, principalmente a visão e audição, para provocar a sensação de imersão no usuário é própria da RV. O usuário se sente dentro dos ambientes, e pode interagir com eles.

Sobre essa interação do usuário a partir das técnicas de RV, tem-se que:

A interação do usuário com o ambiente virtual é um dos aspectos importantes da interface e está relacionada com a capacidade do computador detectar as ações do usuário e reagir instantaneamente, modificando aspectos da aplicação. A possibilidade de o usuário interagir com um ambiente virtual tridimensional realista em tempo-real, vendo as cenas serem alteradas como resposta aos seus comandos, característica dominante nos vídeo-games atuais, torna a interação mais rica e natural, propiciando maior engajamento e eficiência [113].



(a) Realidade Virtual Imersiva.

(b) Realidade Virtual Não Imersiva.

Figura 2.5: Tipos de Realidade Virtual [143].

A RV pode ser classificada em duas categorias, conforme Claudio Kirner [112]. Quando a imersão passa ao usuário a sensação de que ele é “transportado” para o mundo virtual, e para isso se usam dispositivos multissensoriais (como os conhecidos Óculos de RV – tecnicamente denominados de *Head Mounted Displays*), a RV é chamada de Imersiva (Figura 2.5 (a)). Quando, porém, o usuário se sente parcialmente transportado para o mundo virtual, percebendo-o como que através de uma “janela”, como a tela do computador ou *smartphone*, a RV é dita Não Imersiva (Figura 2.5 (b)). Podem existir ainda sistemas híbridos, que combinam elementos das duas categorias.

Em relação às vantagens e desvantagens de cada categoria, tem-se que, enquanto a RV Imersiva tem por vantagem uma sensação maior de imersão, o custo de muitos equipamentos e a dificuldade de uso prolongado são algumas desvantagens que no caso da RV Não Imersiva são atenuadas, dado que podem ser utilizados simplesmente o próprio computador e *smartphone* do usuário, sem adaptações ou equipamentos externos. A desvantagem desta categoria é exatamente a sensação de imersão que é mais baixa, em comparação com a RV Imersiva.

Ainda para Claudio Kirner, a construção e a análise de sistemas de RV devem considerar quatro importantes fatores [113]: O próprio ambiente virtual a ser construído, englobando os processos de modelagem, precisão geométrica, cores, texturas e iluminação; o ambiente computacional (tanto *hardware* como *software*), que deverá ser tal que consiga gerenciar a visualização do ambiente virtual construído, bem como a interação do usuário com este ambiente, com o menor atraso possível (máximo de 100ms) e com uma taxa de renderização de quadros considerável (ao menos 10 quadros por segundo); a tecnologia de RV utilizada, com base no tipo de RV que foi escolhido; por fim, as formas de interação do usuário com a aplicação.

Nos últimos anos, a partir da popularização dos jogos de computador e com a difusão dos *smartphones*, bem como do surgimento de dispositivos de baixo custo,

como o Google Cardboard (que utiliza o aparelho celular do usuário para a exibição das imagens), a área de RV passou por um crescimento nos termos de produção de ferramentas e popularização da área, no geral [23]. Assim, a RV é, atualmente, área crescente e aberta para o desenvolvimento, seja com abordagens Imersivas ou Não Imersivas. Este projeto faz uso dos conceitos de Realidade Virtual Não Imersiva.

2.4 Jogos, Engajamento e Jogos Sérios

Outros conceitos importantes para este projeto estão relacionados aos jogos. Kapp enuncia que um jogo “é um sistema no qual jogadores se engajam em um desafio abstrato, definido por regras, interatividade e *feedback*, que resulta em uma saída quantificável frequentemente provocando uma reação emocional” [109]. Sendo assim, os jogos podem ser entendidos como atividades caracterizadas por possuir uma ludicidade capaz de envolver o jogador. Huizinga descreve os recursos envolvidos em um jogo como uma espécie de “círculo mágico”, em que o jogador, envolto em um “ar de mistério”, se ausenta do “mundo real”, fazendo com que a noção de espaço e tempo da vida cotidiana seja esquecida enquanto se está participando da experiência [103].

A Figura 2.6 apresenta uma ilustração deste círculo mágico. O “mundo real”, cheio de limitações, responsabilidades e problemas faz parte do universo de todos. Porém, ao adentrar o círculo mágico do mundo dos jogos, o jogador encontra um mundo onde tais regras são suspensas e substituídas por outras. Um mundo de fantasia, narrativa, catarse, desafio e objetivos definidos é apresentado, e o jogador se sente cada vez mais atraído e imerso nesse círculo. Assim, ao voltar ao mundo real, ele carrega consigo as experiências e os significados, o que o ajuda a enxergar de maneira diferente aquilo que está ao seu redor. Este é o grande poder que os jogos possuem de modificar a realidade do jogador a partir de experiências positivas que envolvem a ressignificação de situações diversas. Por outro lado, este “círculo” que permeia o universo dos jogos é um dos fatores que contribui para que estes sejam atrativos e que o jogador se sinta motivado a continuar jogando.

O denominado “estado de *flow*” é um conceito da psicologia que define o estado psicoemocional de um jogador “imerso” na realidade de um jogo. Alguns de seus aspectos, dentre os quais podemos citar: objetivos claros, *feedback* imediato (sensação de controle), concentração na tarefa (que deve ser uma atividade desafiadora), perda da autoconsciência, além de uma sensação alterada de tempo [32, 35], fazem com que os jogos sejam ferramentas importantes e poderosas, capazes de, viabilizando experiências significativas do ponto de vista pessoal, engajar o jogador a realizar ações. O *engajamento* pode assim ser compreendido como um envolvimento profundo do jogador que está, “imerso” na realidade do jogo (em “estado de *flow*”) [45, 109, 103, 35]. Ele se sente impelido a permanecer neste universo, sendo, de forma contínua, estimulado a isso.



Figura 2.6: Círculo Mágico.

Para que uma aplicação seja de fato considerada como jogo, algumas características são necessárias. Em síntese, é fundamental que possua jogadores, um objetivo (claro e bem definido), procedimentos e regras, um conflito que envolva a ação dos jogadores, os recursos que estão disponíveis para serem utilizados na resolução deste conflito, limites impostos de forma a definir a experiência e, por fim, os resultados das ações dos jogadores [83].

Para implementar estas características, são utilizados nos jogos determinados componentes, os chamados *elementos de jogos*. São, de forma abrangente, qualquer recurso utilizado no desenvolvimento de um jogo [59]. Estes podem ser elementos relacionados às dinâmicas de jogo, às mecânicas de jogo ou ainda aos componentes do jogo [179].

São elementos de dinâmicas de jogo as emoções despertadas no jogador – principalmente a diversão, que o mantém engajado; a narrativa, que de forma implícita ou explícita confere propósito às ações do jogador; a progressão das ações no jogo, trazendo o senso de que se está avançando dentro da narrativa; os relacionamentos, ou seja, a interação entre os jogadores; e as restrições, que “definem” o jogo com base nos limites [179, 41].

Já em relação às mecânicas de jogo, pode-se citar a aquisição de recursos (coleta de itens ou objetos); o *feedback*, que dá reações e respostas ao jogador sobre seu progresso; a chamada “chance”, que corresponde ao ato de responder às ações do jogador com surpresas; os mecanismos de cooperação e competição; os desafios, que são objetivos definidos e atuam de forma direta na dificuldade da atividade; para cada conquista, uma

recompensa ao jogador; as relações de troca, compra e venda no jogo que são chamadas de transações; a divisão do jogo em turnos, onde cada jogador tem seu momento para atuar; por fim, a vitória, quando o jogador chega ao final do jogo, após ter cumprido de forma satisfatória os desafios [179, 41].

Por fim, são componentes de jogo: a presença de um avatar (personagem virtual), bens virtuais, coleções de itens acumulados, conquistas, conteúdos desbloqueáveis, emblemas e medalhas, missões (atividades específicas), divisão do jogo em níveis, a presença de pontuação e ranqueamento, presentes ou itens especiais, a possibilidade de jogar em times (vários jogadores cooperando para realizar a mesma conquista) ou em combates (jogadores competindo entre si), a presença de um *Boss* (um desafio ao final de um nível, de maior dificuldade), além da inserção de um gráfico social (possibilidade de interagir com amigos dentro do jogo) [179, 41]. Todos estes são componentes que podem ser inseridos nos jogos. A combinação entre dinâmicas, mecânicas e componentes cria a experiência do jogo, com todas as características que lhe são próprias e com seu(s) grau(s) de dificuldade.

Estabelecendo a relação entre os elementos de jogos e o engajamento, no que diz respeito à reabilitação/telerreabilitação de pacientes, a Revisão Sistemática da Literatura realizada neste projeto (Seção 3.1 do Capítulo 3) detectou que muitos trabalhos destacam alguns elementos que, segundo os estudos encontrados, são determinantes para que o paciente se sinta engajado: é necessário que aconteça um balanceamento dos componentes, de forma a equilibrar a dificuldade do jogo. Se o jogo é demasiado difícil ou fácil, o jogador não se sente motivado a continuar a atividade. Se, por outro lado, existe o desafio (enquanto mecânica de jogo) que não é impossível mas também não é “trivial”, o jogador se motiva a perseguir os objetivos, realizar as missões e conseguir a vitória. Para isso, é necessário também que os objetivos e metas sejam bem definidos e dispostos de forma paulatina, com metas de curto e médio prazo, para que a progressão (dinâmica de jogo) esteja clara e de fato aconteça. Assim, a emoção despertada no jogador é a de diversão.

A partir dessas considerações, é possível trazer o conceito de *jogos sérios*. Trata-se de uma categoria de jogos que são construídos visando o ensino-aprendizagem ou treinamento de habilidades específicas, buscando mais que o entretenimento, ainda que apresentem todas as características inerentes à natureza dos jogos [5, 81]. Eles criam circunstâncias que são favoráveis ao treinamento e outros tipos de experiências [70]. A ideia dos jogos sérios é permitir a realização de atividades, exercícios ou simulações de atividades práticas de forma lúdica, engajadora e atraente (Figura 2.7). Isso gera, como consequência, o desenvolvimento das mais diversas habilidades, bem como o aprendizado e a assimilação de conhecimentos pela prática [184]. Neste quadro, são chamados de *exergames* os jogos sérios que possuem como objetivo incentivar o jogador a realizar



Figura 2.7: Jogo sério utilizado na reabilitação motora de pacientes [169].

exercícios físicos, trazendo consigo as diversas vantagens e pormenores já mencionados. Trata-se, portanto, de uma terminologia, e não de um outro conceito [13].

2.5 Sistemas Distribuídos e Sistemas de Tempo Real

Considerando que a proposta deste trabalho envolve um *exergame distribuído*, alguns conceitos acerca dos sistemas distribuídos se fazem necessários para embasá-lo.

Por definição, um sistema distribuído (SD) é uma coleção de elementos autônomos de computação (chamados também de “nós”), que se apresentam a seus usuários como sendo um sistema único e coerente, ou seja, do ponto de vista do usuário, o sistema se apresenta de forma a parecer um “todo” único (isto é, o SD é *transparente*), pela colaboração dos nós [172]. De forma mais prática, um SD pode ser entendido como um sistema no qual componentes (dispositivos, por exemplo, ou artefatos de *software* somente), que estão localizados em uma rede de computadores, comunicam-se entre si por meio da passagem de mensagens, realizando a coordenação de suas ações somente a partir desse mecanismo [42].

A partir dessas características, é possível delinear modelos de arquitetura para os SDs. Segundo Steen e Tanenbaum [172], de forma simplificada, são três as organizações de arquiteturas possíveis:

- **Centralizadas:** organizadas tendo por base clientes (que requisitam serviços) e servidores (que implementam e fornecem o serviço requisitado aos clientes). Sua dinâmica está baseada no modelo de interação requisição-resposta (Figura 2.8 (a)). O servidor espera as requisições e, ao ser requisitado o serviço, fornece-o e responde ao cliente. Este fica aguardando a resposta para continuar sua atividade.
- **Descentralizadas:** De forma simplificada, não apresentam a divisão entre clientes e servidores. Todos os nós da rede se interconectam entre si e ora atuam como

clientes, ora como servidores, conforme as necessidades do sistema (Figura 2.8 (b)). Exemplo importante são as chamadas redes *peer-to-peer*.

- **Híbridas:** Combinam elementos de arquiteturas centralizadas e descentralizadas, na tentativa de trazer as vantagens de cada sistema e minimizar as desvantagens de cada um.

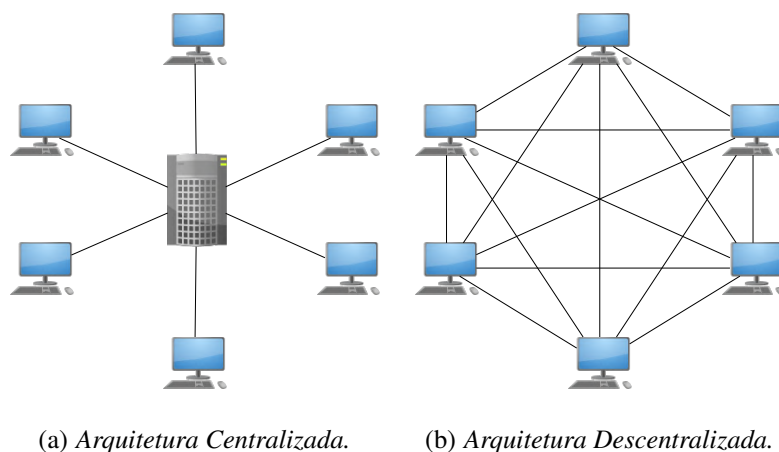


Figura 2.8: Modelos de arquitetura em SDs.

No mundo dos jogos, a crescente demanda por aplicações do tipo *multiplayer* fez com que os conceitos de sistemas distribuídos encontrassem neste universo um nicho relevante. Os motores de jogos mais atuais apresentam mecanismos nativos para facilitar a criação de jogos distribuídos, apresentando, para isso, recursos potentes e ferramentas que oferecem abstrações que tornam o processo de desenvolvimento mais intuitivo. A Unreal Engine 4¹, difundido motor de jogos que traz algumas das melhores ferramentas e recursos disponíveis no mercado [97], apresenta um modelo de criação baseado em uma arquitetura centralizada (cliente-servidor), podendo este servidor ser executado juntamente a um dos clientes². Com uma robusta estrutura aprimorada durante 20 anos para o desenvolvimento de jogos *multiplayer* [50], apresenta um bom desempenho e diversas opções de otimização para que a comunicação entre os clientes e o servidor se dê de forma fluida³, o que é corroborado pela literatura [50, 97, 87].

Para que o *exergame* proposto atenda aos objetivos deste projeto, considerando que é um jogo distribuído com uma arquitetura *multiplayer*, é necessário que a ele sejam incorporados alguns conceitos sobre os Sistemas de Tempo Real (STR). Por definição, um STR é qualquer sistema de processamento de informação que deve responder a um estímulo externo de entrada em um tempo finito e específico, onde a correteude não está

¹www.unrealengine.com/en-US/

²docs.unrealengine.com/4.26/en-US/InteractiveExperiences/Networking/

³docs.unrealengine.com/4.26/en-US/TestingAndOptimization/PerformanceAndProfiling/

atrelada somente aos resultados dos processamentos, mas também ao tempo dentro do qual os resultados foram entregues [182, 10].

Os STRs são baseados em dois conceitos: o primeiro abarca as Tarefas (*tasks*), que são os métodos, subrotinas, trechos ou segmentos de códigos cuja execução possui um atributo temporal próprio; o segundo é o de *Deadline*, isto é, o tempo máximo para a conclusão de uma tarefa [77].

Os STRs, conforme Farines et al. [77], encaixam-se dentro dos chamados *Sistemas Reativos*, isto é, devem reagir a estímulos que provém de seu ambiente, em prazos específicos. O comportamento correto de um STR, portanto, não se resume somente à entrega dos resultados esperados (integridade e correção), mas também contempla o tempo necessário para o processamento e a entrega destes. Podem ser entendidos como “sistemas reativos com restrições temporais” [77]. Um STR deve, portanto, oferecer o que é chamado pelo mesmo autor de “garantias de correção temporal”.

Uma característica importante dos STRs é a previsibilidade. Um STR ser previsível implica no fato de que, independentemente das variações diversas nos níveis do sistema (nível de *hardware*, por exemplo) ou das falhas que possam ocorrer, o seu comportamento pode ser antecipado, isto é, previsto, antes mesmo de sua execução [77]. Isso ajuda a garantir que os limites temporais impostos ao STR sejam, de fato, cumpridos.

Tomando-se por base uma arquitetura distribuída centralizada (modelo cliente-servidor) – que é o modelo escolhido para o desenvolvimento do *exergame* em questão – pode-se esquematizar um STR como o do diagrama mostrado na Figura 2.9. O servidor, centralizado, possui um limite de tempo (Δt) para resolver as requisições feitas pelos clientes. No caso do sistema de implementação de jogos *multiplayer* da Unreal Engine 4, o servidor armazena valores de variáveis, cujo conjunto é denominado “Estado de Jogo”. Os clientes (*players*) alteram e consultam valores deste Estado de Jogo, realizando, assim, a troca de informações. O tempo de resposta deve ser respeitado para a resolução e resposta às requisições. No mundo dos jogos, considerando-se também as taxas de atraso inerentes à rede de computadores, uma taxa de atraso tolerável oscila entre 40ms e 100ms, para que o desempenho não seja comprometido [147]. Para atender às requisições, o servidor poderá utilizar diversos recursos, como o escalonamento.

Outra questão importante parte das próprias restrições de tempo impostas ao sistema. As restrições de tempo podem ser oferecidas tanto pelo comportamento dinâmico do sistema quanto pela natureza do problema em si [77]. Um requisito ou restrição de tempo é chamado de crítico (*hard*) quando, caso não seja satisfeito, provocar uma “catástrofe” no sistema [115]. Assim, em questões de classificação e conforme Young e Audsley et al. [182, 10], os STRs são categorizados em:

- *hard real-time*, são sistemas rigorosos, em que é de extrema importância que as respostas ocorram dentro de um prazo de entrega solicitado;

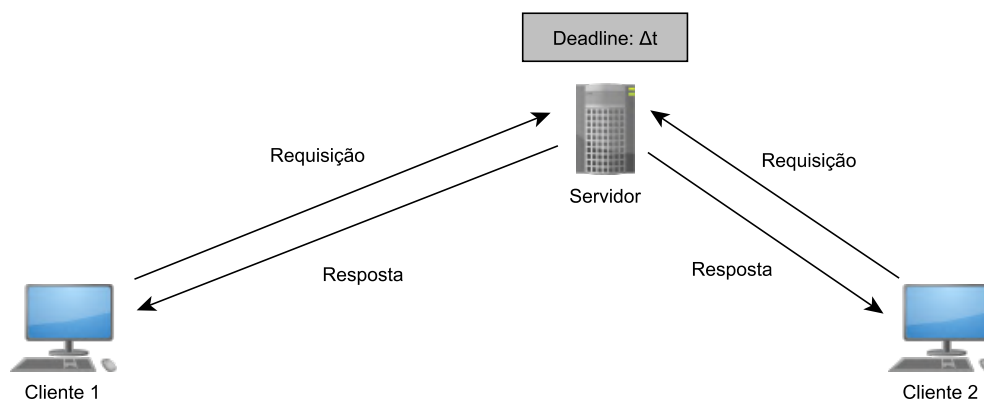


Figura 2.9: Sistema Distribuído de Tempo Real.

- *soft real-time*, são sistemas tolerantes, onde os prazos de entrega são importantes, mas o sistema continua funcionando caso a resposta não chegue;
- *firm real-time*, sistemas de classificação intermediária entre os dois citados acima. São sistemas em que a perda de poucos *deadlines* não causa problemas, mas uma quantidade grande de perdas pode ocasionar sérios problemas ao sistema (catástrofe);
- *real real-time*, que são sistemas *hard real-time* e cujos tempos de resposta são extremamente curtos.

Neste projeto do *exergame*, as categorias que atendem minimamente às necessidades do problema são as de sistemas *soft ou firm real-time*, nas quais é importante que os dados do paciente sejam entregues dentro do prazo, embora pequenos atrasos sejam toleráveis. Por conveniência, neste trabalho, quando o termo “comunicação” for empregado, estará designando processos de *comunicação em tempo real*.

A rigor, o *exergame* proposto utiliza técnicas de sistemas de tempo real para que as informações capturadas pelos sensores ligados ao paciente sejam mostradas ao fisioterapeuta, considerando o menor tempo de entrega possível. São diversas as tecnologias disponíveis para a implementação de STRs. Dentre elas, pode-se citar a ferramenta WebRTC⁴, conjunto de APIs para desenvolvimento de STRs em ambientes *web*. As *engines*, motores para o desenvolvimento de jogos, também possuem seus conjuntos de ferramentas, como é o caso da Unreal Engine 4⁵.

⁴webrtc.org/

⁵www.unrealengine.com/en-US/features e docs.unrealengine.com/en-US/InteractiveExperiences/Networking/index.html

2.6 Método Delphi

Dentre as muitas dimensões que podem ser consideradas no processo de avaliação de um artefato ou instrumento, a validade de seu conteúdo coloca-se como um fator que permite demonstrar se os componentes e conceitos que o envolvem são expressivos e condizentes ao objetivo que se pretende alcançar com ele [15, 6]. Ainda segundo Alexandre e Coluci [6], a validade de conteúdo é um instrumento de fundamental importância para verificar a qualidade do resultado final. Avaliar o conteúdo é, em última instância, avaliar o artefato ou instrumento naquilo que ele se propõe a fazer, ou seja, validar sua eficácia.

Validar o conteúdo pressupõe a realização de etapas de “julgamento”, ou seja, de avaliação por “juízes”, especialistas que possuam a capacidade de realizar a avaliação. Utilizando-se, para tal, de procedimentos quantitativos e qualitativos, o Método Delphi é uma técnica vastamente aplicada para a realização deste processo [6, 178, 181].

Tendo o seu nome derivado das histórias e lendas do Oráculo de Delfos, trata-se de um método criado na década de 1950 para estudos empresariais [178]. Hoje, é um instrumento de avaliação utilizado amplamente e há tempos difundido em diversas áreas, como a saúde (na implantação de novas tecnologias, por exemplo), para avaliar o consenso sobre determinado aspecto, ou ainda na validação de ideias e conceitos [43, 153, 178, 53, 181].

O assim também chamado protocolo ou painel Delphi pode ser definido como “método sistematizado de julgamento de informações, utilizado para obter consenso de especialistas sobre determinado tema, por meio de validações articuladas em fases ou ciclos” [153]. A técnica se baseia, de forma sintética, na obtenção de pareceres dados por especialistas na área de interesse – os “juízes” – sobre o objeto em questão, a partir de questionários aplicados em etapas, seguidos de análises dos resultados obtidos. Seus três pilares são [130, 178, 53, 181]:

1. **Anonimato dos Juízes:** busca evitar conflitos de interesses e que o consenso seja “artificial”. A busca pela sinergia e confluência das opiniões sem interferências é imprescindível. Se o respondente, por exemplo, aceita de forma passiva a opinião de outros especialistas, o consenso obtido é artificial.
2. **Distribuição Estatística dos Pareceres:** Para que se verifique o consenso sobre determinado aspecto, é importante que os pareceres sejam analisados de forma estatística.
3. **Avaliação dos Pareceres:** Visando a realização das próximas etapas, é fundamental que se realize uma avaliação – estatística, inclusive, caso seja necessário – dos pareceres emitidos pelos especialistas. As próximas interações e etapas de questionários

dependem diretamente das impressões da equipe de pesquisa acerca dos resultados obtidos até então.

Em relação à sequência de passos para a realização de uma avaliação pelo Método Delphi, a Figura 2.10 apresenta um diagrama de atividades que esquematiza o processo.

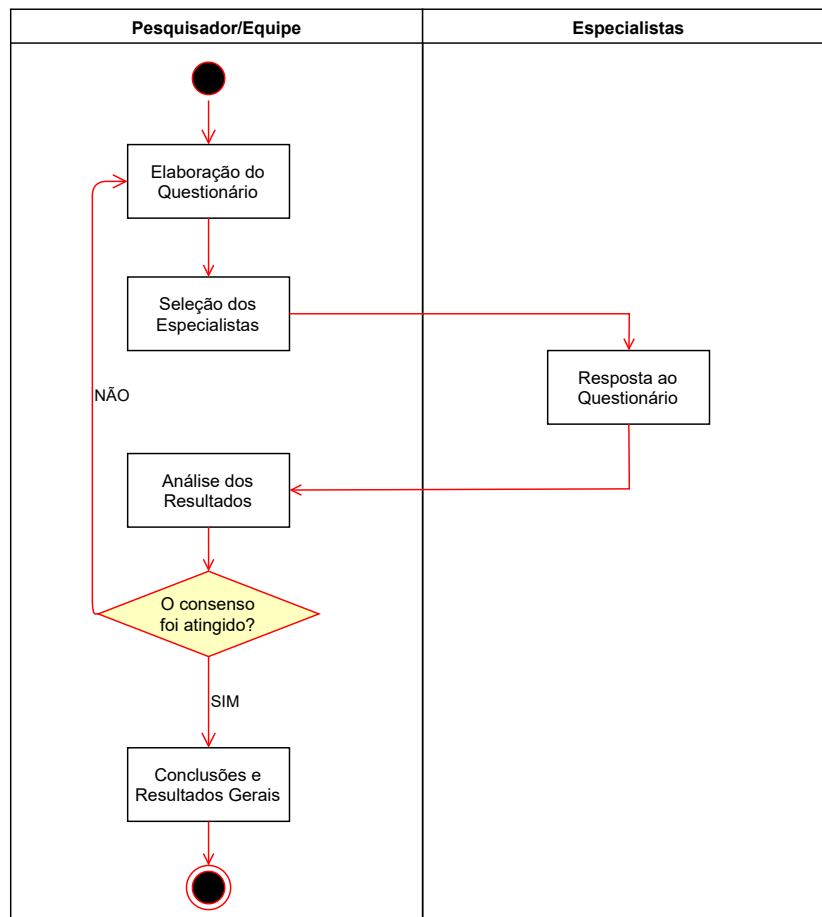


Figura 2.10: Diagrama de Atividades do Método Delphi.

O primeiro passo para a realização da avaliação é a elaboração de um questionário que seja composto por questões que possibilitem visualizar as opiniões dos especialistas acerca do objeto em questão. Conforme os objetivos a serem alcançados, a equipe de pesquisa deve elaborar as questões, que podem ser abertas ou ainda cujas respostas sejam dadas por meio de uma escala, como a Likert, cujos valores oscilam a partir do grau de concordância do respondente com a sentença proposta no enunciado, podendo variar de “Concordo fortemente”, passando pela opinião neutra e chegando à total discordância. Essa escala é muito utilizada na elaboração de questionários para o uso do Método Delphi [6, 153, 43]. Por fim, é importante a disposição de espaços onde o especialista possa co-

localizar alguma sugestão, observação ou ainda apontar algo que poderia ter sido abordado no questionário.

A próxima atividade é a seleção dos especialistas que responderão ao questionário elaborado. Trata-se de selecionar pessoas que possuam as capacidades necessárias para emitir um parecer sobre o tema investigado [153]. A seleção é um processo que depende exclusivamente das necessidades da pesquisa e o perfil dos especialistas pode ser definido a partir de indicações de pessoas-chave, ou ainda a partir dos próprios especialistas já selecionados, realizando uma “bola de neve”.

Após a seleção, o questionário é enviado para ser respondido pelos juízes. Terminada a etapa de respostas, acontece a análise dos resultados, obedecendo-se aos pilares já expostos. O principal objetivo deste passo é determinar se o consenso foi atingido em cada questão, ou seja, se as respostas convergiram para um ponto em comum. Para isso, a equipe deve estipular métricas estatísticas simples que sirvam aos objetivos da pesquisa e que sejam condizentes com o número de respondentes [43].

Ao final das análises, a equipe deve definir se e em quais pontos será necessário realizar uma próxima etapa com outro questionário, que deverá ser elaborado e enviado novamente aos juízes. As interações continuam até que se atinja o consenso em todos os pontos necessários. Em relação às discrepâncias de opinião entre os respondentes, Dias propõe que:

Se a posição consensual do grupo não for atingida em duas rodadas, deve-se solicitar àqueles indivíduos cujas opiniões se desviaram consideravelmente da maioria (ou seja, aqueles que estão fora do espaço inter-quartil) para que argumentem suas opiniões. Os pontos de discordância devem ser explorados, e não ignorados. Avaliadas, as informações são agregadas e apresentadas a cada participante – em termos estatísticos – para que se obtenha novos resultados. Esse processo se dá até que se atinja um grau satisfatório na convergência das respostas [57].

Pode ocorrer ainda que as respostas se polarizem em duas ou três posições, sem indicar aproximação de um consenso [181]. Este fato é relevante para efeito de análise da problemática em questão e deve ser levado em consideração. Se a situação não se altera no decorrer das etapas, é possível declarar “estabilidade” nas respostas e encerra-se a discussão deste ponto [57].

Ainda segundo Dias, a grande parte das pesquisas produz uma quantidade máxima de quatro rodadas e um número superior a este, embora possa ser realizado, não é recomendado por restrições de tempo e pelo fato de a literatura apontar (tendo como base experiências realizadas e documentadas) para a não existência de mudanças de opinião significativas a partir deste número [57].

Ao ser atingido o consenso (ou a estabilidade) em todos os pontos, os resultados são compilados e uma análise é feita e relatada. As conclusões e resultados gerais ganham espaço neste momento final.

São vantagens do método (atestadas pelas referências supracitadas): A possibilidade de realizar a avaliação de forma assíncrona (a partir dos questionários), o que ainda evita o desvio de foco com deturpação das discussões e o aumento dos custos com a realização da pesquisa; A ideia de se atingir o consenso por meio de especialistas no assunto, dado que garante confiabilidade e robustez das análises e dos resultados obtidos.

Entre as desvantagens, são apontadas pela literatura a possibilidade da obtenção de consensos artificiais, por diversas questões que podem ocorrer ao longo do processo. Além disso, a dificuldade de se contar com especialistas é considerável, e pode ser aumentada ainda mais por conta da possibilidade de realização de várias etapas. É, de fato, um risco à pesquisa a desistência dos participantes.

Entre vantagens e desvantagens, o Método Delphi é uma ferramenta consagrada e amplamente utilizada para realizar a validação de conteúdo de artefatos e conceitos desenvolvidos. Considerando suas possibilidades, garantias e limitações, foi escolhido para este projeto por trazer em si a possibilidade de obtenção de pareceres qualificados acerca do *exergame* desenvolvido, apontando de forma direta para a validação da hipótese de pesquisa levantada.

2.7 Experiência de Jogador (PX)

Na área de Interação Humano-Computador (IHC), é conhecido o conceito de Experiência de Usuário (UX). Por vezes relacionado à Usabilidade, eles são diferenciados a partir do momento que, enquanto a Usabilidade tem seu enfoque nas funcionalidades do sistema (com metas definidas - eficácia, eficiência, segurança, utilidade, aprendizagem e memorização), a UX busca entender o desempenho do produto a partir da interação com o usuário [47, 98, 118].

Considerando-se as peculiaridades que fazem dos jogos uma categoria de aplicações com demandas próprias e específicas, a Experiência de Jogador (PX - *Player Experience*) é uma instanciación da UX aplicada no contexto de jogos digitais [47, 48, 100, 180]. A Tabela 2.1 apresenta uma breve comparação entre UX e PX. Ao apresentar características importantes ao desenvolvimento de jogos, a PX se torna parte integrante da avaliação destes e, dessa forma, “ela é o foco da interação entre jogador e jogo” [47].

Para medir a PX, surge o conceito de *jogabilidade*. Trata-se de um conjunto de propriedades que descrevem a PX utilizando um sistema de jogo específico e cujo objetivo principal é a diversão e entretenimento, de forma significativa e satisfatória, esteja o jogador jogando sozinho ou em companhia [92]. Dentre os aspectos a serem avaliados para verificar a qualidade da jogabilidade (e que a descrevem) estão a satisfação, aprendizado das mecânicas e comandos, efetividade, imersão, motivação e engajamento, emoção e socialização.

Tabela 2.1: Comparação entre UX e PX [48].

Experiência de Usuário	Experiência de Jogador
Produtividade	Entretenimento
Tarefa	Diversão
Eliminar erros	Desafios e erros
Intuitivo	Aprendizado de mecânicas
Diminuir carga de trabalho	Desafio crescente
Gratificação póstuma	Gratificação intrínseca
Tecnologia para facilitar	Tecnologia para desafiar

Para realizar o processo de avaliação da PX, por envolver diversos fatores subjetivos e abstratos, utiliza-se, de forma prioritária, a realização de testes práticos (com o jogo) em ambientes controlados, precedidos e sucedidos da aplicação de questionários [107, 165]. A análise das respostas dos questionários e a observação/análise dos testes práticos (seja no momento dos testes ou por gravação em vídeo) conduzirão aos resultados, dado que é possível realizar o levantamento do perfil do voluntário, a observação da interação enquanto esta ocorre e ainda o levantamento da opinião do participante [165].

Em primeiro lugar, um questionário acerca do Perfil do Participante permite obter informações que podem auxiliar no processo de interpretação do seu desempenho, além de identificar tendências e correlações. O uso do jogo e a observação permitem que a interação seja vista e avaliada em seus aspectos objetivos e subjetivos. Por fim, a aplicação de questionários após esta etapa permite coletar a opinião e verificar as impressões do participante, bem como validar questões relacionadas à imersão, ao engajamento e ao impacto emocional gerado pelo jogo.

Antecedentes e Pressupostos

Este capítulo apresenta três grandes balizas norteadoras que precederam o desenvolvimento do *exergame*: uma revisão sistemática realizada, um projeto antecedente – do qual este é continuação direta, ainda que com profundas rupturas e modificações – e ainda os trabalhos relacionados, que permitem a comparação da proposta aqui discutida com outros projetos encontrados na literatura.

3.1 Revisão Sistemática da Literatura

A fim de explorar, identificar e analisar o desenvolvimento e o uso de jogos na reabilitação e/ou telerreabilitação de pacientes e como a temática do engajamento é abordada nos projetos desenvolvidos, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. A interação entre o paciente, o jogo e o profissional de saúde também foi um ponto de interesse investigado. Seus resultados foram publicados e os detalhes do processo se encontram descritos no artigo em questão [159].

Realizada em três etapas (Planejamento, Condução e Análise), a revisão teve como objetivo geral “explorar, identificar e analisar os projetos de jogos digitais existentes que propõem-se a engajar o paciente na realização de sessões de reabilitação e/ou telerreabilitação”. Este objetivo foi transformado em uma *string* de busca, aplicada diretamente às bases ACM Digital Library, IEEE Digital Library, PubMed e Scopus: (“*game*” OR “*exergame*” OR “*exergaming*” OR “*games*”) AND (“*rehabilitation*” OR “*telerehabilitation*” OR “*tele rehabilitation*” OR “*tele-rehabilitation*”) AND (“*engagement*” OR “*adherence*” OR “*engaging*”). O processo visou responder às seguintes questões de pesquisa:

1. *Quais são os projetos existentes que apresentam a construção de um jogo digital visando engajar o paciente na realização de sessões de reabilitação e/ou telerreabilitação?*
2. *Quais elementos de jogos são empregados para suscitar engajamento no paciente?*
3. *Como se dá a interação entre o paciente e o jogo desenvolvido?*

A partir de então, os artigos foram selecionados, com base nos seguintes critérios de inclusão definidos no planejamento:

1. O trabalho apresenta a construção de um jogo para a reabilitação?
2. O trabalho apresenta projeto sobre jogos em telerreabilitação?

Por outro lado, para excluir estudos, vários critérios foram utilizados e refinados ao longo da condução. Foram excluídos os trabalhos que atenderam a qualquer um dos seguintes critérios:

1. Não apresenta nenhuma das palavras-chave no título e/ou resumo;
2. Não apresenta o desenvolvimento de um jogo digital;
3. Não apresenta avaliação e resultados;
4. Não é artigo científico;
5. Não está escrito nas línguas portuguesa ou inglesa;
6. Não está inserido no contexto de fisioterapia/reabilitação;
7. Não possui resumo e título;
8. Texto integral do trabalho não acessível; e
9. Trabalho possui data de publicação anterior a 5 anos.

A Tabela 3.1 apresenta os números relacionados à seleção dos estudos. São mostradas as quantidades de artigos encontrados e, dentre esses, os aceitos. Os 93 estudos selecionados, ao final desta etapa, foram direcionados para a leitura e resposta às questões de pesquisa.

Em relação à primeira questão, tem-se que há uma grande diversidade de projetos. Em primeiro lugar, os problemas de saúde citados nos trabalhos são, de maneira geral, disfunções motoras, abarcando movimentos dos membros superiores (50,5%) [116, 139, 21], inferiores (9,6%) e ainda ambos ou outros tipos de movimentação [96, 64].

Dentre as dificuldades apontadas pelos estudos analisados, a falta de motivação dos pacientes aparece com proeminência em 68,8% dos artigos encontrados [31, 71, 65]. O custo dos tratamentos disponíveis (15%) ou ainda outros fatores, como as dificuldades de acesso [1, 46], também são citados (26,8%). Uma grande parte dos trabalhos baseiam-se na presença física do terapeuta, que orienta o uso dos aparelhos e realiza a avaliação do paciente [19, 80, 84].

Em relação aos procedimentos de avaliação dos jogos, tem-se que 69,8% dos trabalhos apresenta testagem com pacientes [102, 51]. De forma geral, os protocolos envolvem a condução de experimentos de usabilidade (91,3% dos artigos), baseados no uso do jogo por um tempo determinado, sucedido da aplicação de questionários [138, 12, 168].

Tabela 3.1: Artigos aceitos por base de dados.

	Encontrados	Aceitos	Referências
ACM	389	29	[40], [76], [104], [52], [85], [125], [122], [173], [96], [64], [31], [145], [73], [171], [1], [61], [91], [108], [46], [174], [26], [110], [89], [167], [148], [102], [11], [86], [51].
IEEE	164	38	[116], [144], [139], [16], [163], [65], [36], [142], [39], [79], [150], [66], [84], [154], [75], [141], [90], [131], [111], [17], [19], [120], [72], [183], [177], [2], [155], [124], [4], [88], [176], [12], [168], [137], [20], [140], [114], [151].
Scopus	118	11	[55], [29], [69], [123], [138], [175], [162], [80], [33], [30], [146].
PubMed	249	15	[121], [34], [166], [93], [119], [129], [24], [133], [99], [101], [38], [27], [82], [71], [21].

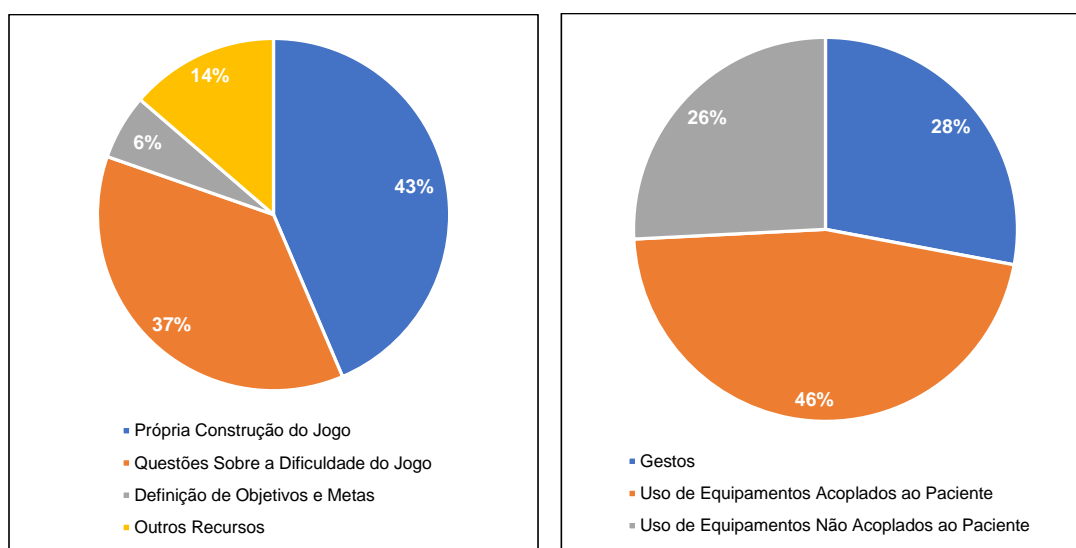
Sobre a temática levantada na segunda questão, tem-se que a geração de engajamento é considerada relevante nos estudos selecionados. A falta de motivação por parte do paciente é tida como sendo um fator que, por ser um grande problema, motiva e justifica muitas das abordagens propostas.

São diversas as soluções para a falta de engajamento apontadas na literatura consultada (Figura 3.1 (a)). A análise dos trabalhos levou a concluir que a própria construção do jogo é um fator levantado pelos estudos como promotor de engajamento (43% dos artigos) [144, 30, 125, 21]. Além disso, alguns projetos apontam para o uso de determinados elementos de jogos neste contexto, como a regulação da dificuldade da tarefa a ser realizada no jogo [79, 33, 80]. Segue ainda a definição de objetivos e metas, citados em sete trabalhos (6%) [150, 171]. Por fim, 14% dos trabalhos (16 artigos) apresentam soluções que agregam outros elementos, desde o uso de técnicas de Realidade Virtual Imersiva, até a criação de uma narrativa envolvente, passando por uma vasta gama de possibilidades [46, 16, 64].

Em relação à terceira questão de pesquisa, tem-se uma ampla diversidade no que diz respeito aos sistemas e métodos de interação, como a interação baseada em gestos realizados pelo paciente (28% – 26 trabalhos), capturados por sensores como o Kinect¹ e o Leap Motion Controller² [96, 64].

¹developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect/

²www.ultraeap.com/product/leap-motion-controller/



(a) Recursos para a geração de engajamento.

(b) Abordagens de interação.

Figura 3.1: Dados acerca dos resultados encontrados na revisão [159].

Ademais, outras abordagens fazem uso de sensores que precisam ser acoplados ao paciente. Este é o caso de 46% dos trabalhos (43 artigos), que utilizam goniômetros³ e equipamentos de Eletroencefalograma (EEG) [116, 144], por exemplo. Enquanto que, com a interação baseada em gestos, a facilidade de obtenção e o baixo custo são vantagens elencadas pelos estudos, neste caso é levantada a precisão dos dados capturados. Outros trabalhos ainda (24 artigos – 26%) apresentam um modelo de interação a partir de equipamentos que são utilizados pelo paciente, mas que não precisam ser fixados a ele [104, 122], na tentativa de reduzir o desconforto e a dificuldade do uso de sensores acoplados.

Em suma, tendo como base os resultados obtidos da análise dos trabalhos, pode-se concluir, de forma geral, que diversas iniciativas têm sido realizadas dentro da área de jogos aplicados à reabilitação de pacientes. É essencial que, ao ser planejado o desenvolvimento da aplicação, leve-se em conta a praticidade/facilidade de uso e configuração dos dispositivos, além da precisão dos dados obtidos. É necessário um balanceamento neste sentido.

Por outro lado, os trabalhos encontrados, ao concordarem acerca da importância do engajamento para o sucesso do tratamento, apontam para uma diversidade ainda maior de meios e recursos para que este engajamento seja instigado ou promovido dentro do jogo. A maioria massiva dos trabalhos aponta para o fato de que a própria construção do

³O goniômetro ou sensor angular é uma espécie de sensor composto por dois componentes unidos por um cabo. Um componente é fixado imediatamente antes da articulação e o outro imediatamente depois. Consegue medir a angulação de abertura da articulação.

jogo já é fator que “prende” o paciente dentro da atividade, enquanto outras iniciativas abordam recursos específicos que podem aumentar ainda mais esta sensação, como questões sobre a regulação do nível de dificuldade das atividades ou ainda a definição de objetivos e metas, entre outros recursos. Esta visão reforça, por um lado, a importância das abordagens que envolvem jogos para a reabilitação e, por outro, que existem muitos elementos que podem ser utilizados e combinados para propiciar uma experiência melhor e mais engajadora para o paciente.

Por fim, são contribuições diretas desta pesquisa bibliográfica: a obtenção de uma visão geral sobre os projetos e iniciativas realizadas atualmente dentro da temática abordada; a validação no âmbito da literatura das problemáticas acerca do engajamento, motivação e interação paciente-jogo-fisioterapeuta encontradas de forma empírica por meio da experiência dos membros do grupo de pesquisa e profissionais de saúde consultados; o embasamento da proposta, a partir dessa validação, mostrando iniciativas com certa similaridade à proposta, que obtiveram resultados positivos; por fim, o apontamento de horizontes para os processos de implementação do protótipo e para os protocolos de realização e análise dos testes.

3.2 Proposta de Battisti (2020)

Um projeto que embasou de forma significativa a pesquisa aqui documentada é o de Battisti [13, 14], do qual este é continuidade direta. O trabalho em questão apresenta uma abordagem baseada em jogos para a reabilitação funcional de pacientes que utilizam o cicloergômetro para realizar as sessões de fisioterapia. O profissional que assiste o paciente personaliza previamente a experiência, de forma a desafiar cada paciente nas dimensões respiratória, cardíaca e motora.

A proposta consiste no desenvolvimento de um *exergame* que possibilite a utilização da imersão e engajamento próprios do ambiente dos jogos para proporcionar uma experiência mais atrativa e efetiva nas sessões de fisioterapia, de forma que a atividade seja supervisionada e personalizável pelo fisioterapeuta, que acompanha presencialmente o paciente e pode ajudá-lo normalmente, como faz nas sessões convencionais. Além disso, o *exergame* é conectado a um sensor fisiológico capaz de compartilhar os dados de frequência cardíaca e oximetria de pulso do paciente que está jogando. Tudo isso é possível graças a dispositivos de *hardware* construídos de forma a permitir a comunicação entre o *software* e o aparelho para o exercício (cicloergômetro).

Para a construção destes dispositivos (cujo esquema se encontra ilustrado na Figura 3.2), foi utilizada uma placa Arduino UNO, integrada ao cicloergômetro de forma a capturar os dados provenientes do interruptor magnético (*Reed Switch*), localizado no interior do cicloergômetro. Este interruptor faz a contagem do número de pedaladas, dado

que um dos pedais possui internamente um ímã que, ao passar pelo interruptor, faz com que seja fechado e, assim, a corrente elétrica flui pelo circuito e torna possível que o Arduino “perceba” a pedalada.

Junto a estes equipamentos, foi acoplado um sensor de batimentos cardíacos (BPM) e oximetria (SpO2). O modelo escolhido foi o MAX30100, da Maxim Integrated⁴. A partir de todos estes dados recebidos, o Arduino serializa uma tupla JSON que informa o número de pedaladas, o tempo entre a penúltima e a última pedaladas (para o cálculo da velocidade), os valores de BPM e SpO2. A tupla é enviada ao *exergame* via barramento serial.

Para receber e desserializar a *string* JSON dentro do motor de jogos, foi implementado, pelo autor, um *plugin* capaz de consumir as informações vindas via barramento serial de forma contínua. Operando em uma taxa de transferência de 9600 *bits* por segundo, ele é capaz de receber os *bytes* advindos do Arduino, transformá-los em um formato de texto e depois extrair os dados, interpretando o texto como uma *string* JSON. Por outro lado, a partir de um trabalho com *threads*, foi possível permitir que este processo ocorresse de forma contínua (uma *thread*, em *loop*, aguarda pelos novos dados no barramento) e sem prejudicar o desempenho do jogo.

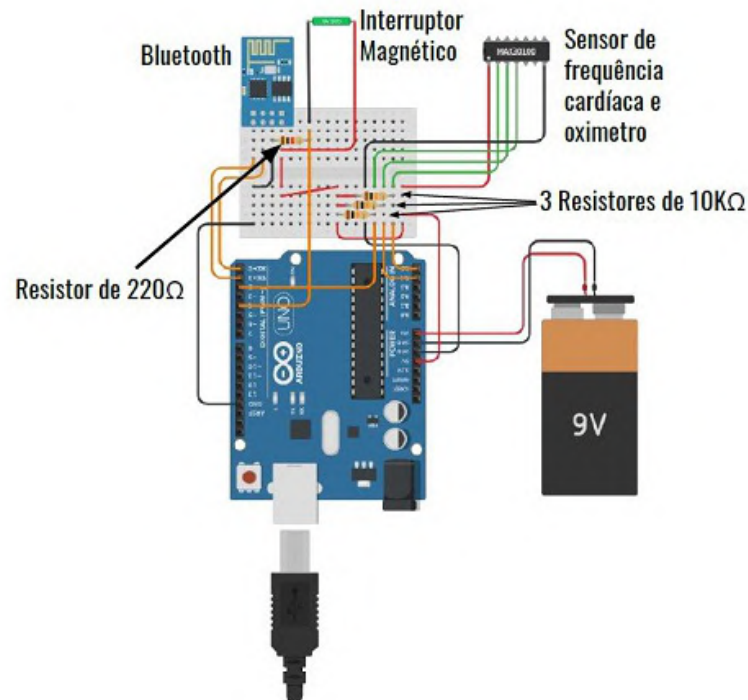


Figura 3.2: Esquema do projeto de adaptação usando o Arduino [13].

⁴www.maximintegrated.com

O tratamento de reabilitação abordado no trabalho está direcionado aos pacientes que apresentam disfunção muscular por conta de inatividade física, causada por longos períodos de internação. A utilização do cicloergômetro é descrita como atuador eficiente para os pacientes críticos, em termos de uma mobilização precoce que desempenha aumentos na capacidade e autopercepção funcionais, além da força do quadríceps. O projeto de Battisti considera que o paciente utilizará o cicloergômetro sentado, realizando a atividade com os membros inferiores.

Em relação aos atores do jogo e seus papéis, a Figura 3.3 apresenta um diagrama de casos de uso. São dois os atores: Fisioterapeuta, que configura o jogo e monitora os dados fisiológicos, e o Paciente, cujo papel é jogar (realizar a atividade).

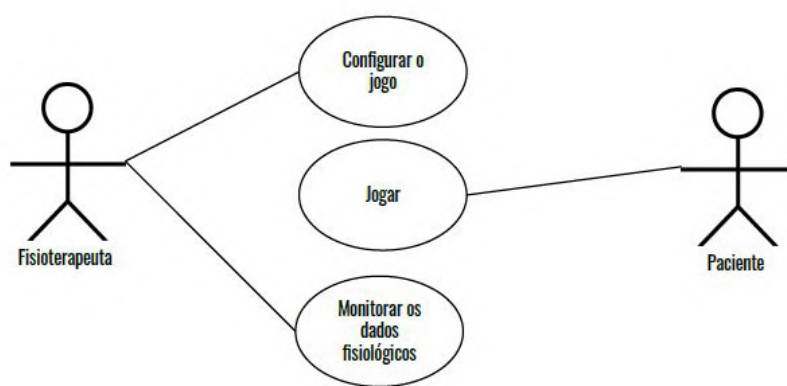


Figura 3.3: Projeto de casos de uso do *exergame*.

A arquitetura do jogo construído é mostrada na Figura 3.4. Disposta em dois módulos, Exergame e Cicloergômetro, apresenta a comunicação entre esses a partir de tuplas JSON. O Cicloergômetro é o módulo que possui equipamentos de *hardware* que permitem obter os dados de velocidade e pedaladas do paciente, bem como a frequência cardíaca e oxigenação do sangue. Estes dados são serializados e enviados via JSON para o Exergame. Este, por sua vez, realiza a desserialização, grava os dados obtidos (que são utilizados pelo Pontuador e exibidos no *Head Up Display (HUD)* na parte inferior da tela do jogo mostrada na Figura 3.5 (b)). Os dados ainda são armazenados para que sejam gerados os relatórios de desempenho geral.

Também é possível observar, a partir da arquitetura apresentada, que o jogo (módulo Exergame) dispõe de uma interface inicial na qual é configurado pelo profissional de saúde. Os dados da configuração passam pelo Configurador de Sessão e são encaminhados ao Pontuador, o qual utiliza estas informações e os dados dos sensores para pontuar o jogador.

Em termos de interação entre o paciente, o jogo e o profissional de saúde, tem-se, de forma específica, o seguinte: os três estão no mesmo ambiente, como em uma sessão convencional de reabilitação; o paciente interage com o jogo a partir do cicloergômetro; o

profissional de saúde interage com o jogo configurando e monitorando, na tela, os dados do paciente; o paciente e o profissional de saúde interagem na forma de contato direto (física e verbalmente).

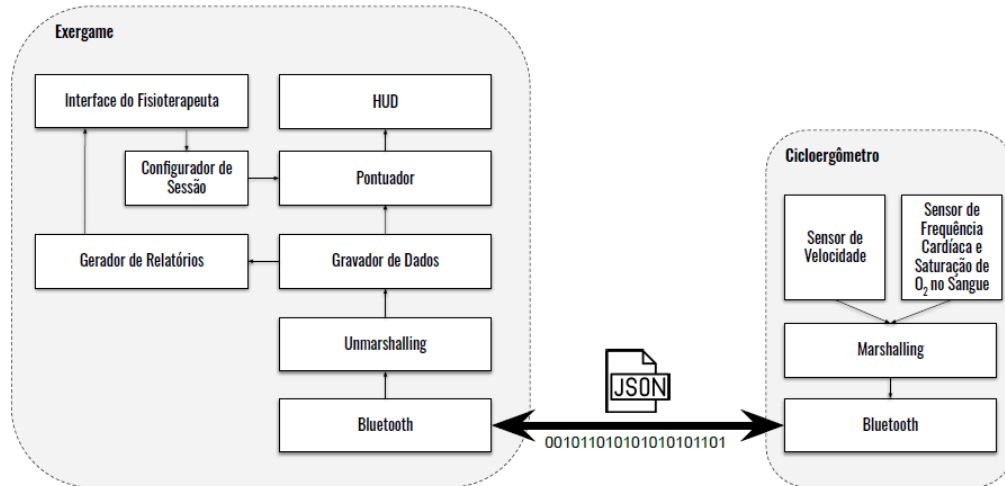


Figura 3.4: Arquitetura da aplicação proposta pelo projeto.

A implementação do *exergame* foi realizada no motor de jogos Unreal Engine 4⁵, utilizando-se da tecnologia de Blueprints para a codificação. Os modelos usados para o desenvolvimento do cenário e do personagem foram adquiridos no Marketplace da Epic Games⁶. A Figura 3.5 mostra o jogo em funcionamento.

O jogo inicia-se com o menu de configurações (Figura 3.5 (a)). Essa atividade deve ser realizada pelo fisioterapeuta que acompanha o paciente. Após indicar a porta serial ou adaptador Bluetooth, são configurados os valores de mínimos e máximos aceitáveis para os batimentos cardíacos e oxigenação do sangue (SpO2). Valores que estiverem fora dessa faixa resultarão em um alerta na tela durante o jogo. A duração e a velocidade esperada também devem ser colocadas. Em relação à possibilidade de ajustes na velocidade exigida para a realização da atividade, o autor coloca que

O fisioterapeuta pode ajustar a velocidade do pedalar de acordo com o nível de função física do paciente para fornecer a quantidade ideal de exercício para cada um, considerando a tolerância semanal dele para o gerenciamento da fadiga. Cada paciente tem seu programa de exercícios atualizado ou revisado a cada semana para melhorar suas habilidades em termos de equilíbrio, movimento, velocidade e fortalecimento funcional para controle postural [13].

⁵www.unrealengine.com

⁶<https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/store>



Figura 3.5: Arquitetura da aplicação proposta pelo projeto.

Configurada a atividade, o botão “Play” pode ser pressionado e a sessão começa. Na tela (Figura 3.5 (b)), um personagem aparece caminhando (movimento para a frente) à medida em que o paciente pedala no cicloergômetro. Não existem outras possibilidades de movimento. Seus dados vitais são apresentados junto a um contador de pedaladas e uma barra que mostra a velocidade desempenhada pelo jogador em verde e, em vermelho, duas barras que demarcam as velocidades máxima e mínima esperadas. O objetivo do jogo é manter sua velocidade dentro da faixa mostrada pelas barras vermelhas. Não existem obstáculos à caminhada do personagem, por não haver outros movimentos além do deslocamento para a frente. Não existem, ainda, objetos ou recompensas a serem coletados pelo jogador.

Dado o formato do jogo, que é do tipo *endless runner* (corrida infinita), o cenário é gerado dinamicamente à medida em que o personagem caminha. As plataformas que compõe a estrada são destruídas alguns segundos depois que o personagem passa por elas, e outras são construídas à frente.

Um contador de tempo também é mostrado na tela, indicando o tempo restante de atividade. Assim que ele é zerado, a sessão é finalizada e um gráfico de desempenho geral do paciente é mostrado na tela (Figura 3.5 (c)), indicando as oscilações dos valores de batimentos cardíacos e oximetria ao longo da atividade.

Para a avaliação da solução construída, foram aplicados questionários a quatro fisioterapeutas especialistas nas áreas de Terapia Intensiva, Fisioterapia Hospitalar e

Fisioterapia Cardiorrespiratória. O procedimento adotado envolveu os seguintes passos: em primeiro lugar, um questionário foi aplicado visando validar a problemática abordada no projeto; a seguir, foram expostos aos avaliadores documentos explicativos sobre a solução, além de um vídeo demonstrativo; por fim, foi aplicado um segundo questionário, avaliando o *exergame* em si. Os resultados foram tidos pelo autor como satisfatórios e capazes de indicar a eficácia da ferramenta desenvolvida, em um contexto de fisioterapia presencial, com o paciente sob os cuidados diretos do profissional de saúde.

Em suma, o trabalho exposto nesta seção apresenta a base sob a qual a presente abordagem se posiciona. Ele é, por um lado, a continuidade direta deste projeto, visando dar passos à frente daquilo que já foi desenvolvido e validado. Por outro, entretanto, apresenta rupturas e modificações que trazem novas perspectivas e possibilidades.

Dentre os principais avanços, destacam-se: um profundo processo de remodelagem arquitetural da aplicação, que foi reprojeta e reimplementada de forma distribuída, com duas interfaces diferentes - uma para o paciente e outra para o fisioterapeuta - e todas as implicações que esta mudança acarreta (trabalho com aplicações *multiplayer*⁷, envio e recepção de dados, questões envolvendo sistemas de tempo real); ao jogo, é acoplado um sistema de chamadas de vídeo para permitir a comunicação entre os atores; remodelagem do sistema de interação entre o paciente, o fisioterapeuta e o jogo (cada ator possui sua interface e interage de forma diferente com a aplicação); algumas alterações em relação ao *hardware*, como a troca do modelo do sensor de batimentos cardíacos e oxímetro; a inserção de outros elementos de jogos para melhorar a experiência do paciente enquanto jogador e aumentar seu engajamento (possibilidade de movimentação do personagem por meio de *joystick*, metas, obstáculos, objetos coletáveis, novo trajeto, novo personagem, acompanhamento do fisioterapeuta e configurações gerais da atividade em tempo de execução, possibilidade de armazenar um histórico dos relatórios gerais das sessões); por fim, o avanço no processo de avaliação do protótipo, visando a testagem diretamente em usuários, além de uma validação mais completa com especialistas.

3.3 Trabalhos Relacionados

Vários projetos têm abordado a temática do uso de *exergames* como geradores de engajamento e motivação no processo de reabilitação. Os trabalhos apresentados a seguir discutem o desenvolvimento e uso destes jogos no contexto da realização das sessões de fisioterapia e a relevância de seu uso neste escopo, lançando horizontes para esta pesquisa. Eles foram selecionados a partir da Revisão Sistemática da Literatura realizada

⁷Qualquer aplicação que envolva dois ou mais atores distribuídos pela rede é interpretada pelo motor de jogos como *multiplayer*.

e comentada anteriormente. Dos 93 estudos separados durante a revisão, foram escolhidos aqueles que embasam de maneira mais forte o projeto em questão.

Em primeiro lugar, o trabalho que embasou de forma mais concreta a construção do *exergame* é o de Battisti [13, 14] (Trabalho A), do qual a presente pesquisa é continuidade direta (já discutido na seção anterior). Trata-se de um projeto que envolve a criação de um jogo para tornar menos enfadonha a reabilitação de pacientes que apresentam distrofias musculares devido a longos períodos de internação e precisam realizar longas sessões com o cicloergômetro. O jogo, do gênero *endless runner*, apresenta um personagem que se movimenta de acordo com as pedaladas do paciente. O fisioterapeuta está fisicamente junto ao paciente durante a realização da atividade, monitorando na tela do jogo os dados vitais e o desempenho geral. Ao final da sessão, um gráfico mostra a oscilação de batimentos cardíacos e oxigenação do sangue ao longo do tempo.

O projeto de Rodrigues et al. [150] (Trabalho B) apresenta um jogo construído em Realidade Virtual Imersiva, em que o usuário é levado a uma cidade onde uma série de atividades serão propostas visando a realização de exercícios, como fazer compras em uma feira da cidade ou obter CDs em uma loja. A ferramenta é voltada para problemas relacionados à terapia ocupacional em idosos que passam muito tempo “imobilizados” ou com movimentação reduzida. O jogo não contempla o contexto de telerreabilitação, mas desenvolve questões sobre a reabilitação em ambientes domésticos. Os autores pretendem despertar o engajamento nas atividades por meio do estabelecimento de metas e objetivos a serem cumpridos. Para que a dificuldade não desestimule o usuário, algumas dicas são dadas nos passos iniciais. O paciente interage com a aplicação a partir do Oculus Rift⁸ e de um *pedalboard*, uma espécie de cicloergômetro.

Migrando para o contexto de reabilitação de problemas motores em sobreviventes de Acidentes Vasculares Cerebrais (AVCs), o trabalho de Ren et al. [146] (Trabalho C) propõe o uso de um método para aprimorar o engajamento do paciente de reabilitação baseado em uma otimização *Human-in-the-loop* (HILO). Um *exergame* é apresentado para demonstrar o método, usando uma bicicleta ergométrica e sensores de eletroencefalografia (EEG). O engajamento é promovido graças aos níveis de dificuldade dos exercícios de treinamento, que podem ser otimizados continuamente para corresponder bem à capacidade motora atual e estado fisiológico do sujeito. Embora o paciente utilize uma bicicleta ergométrica para controlar o avatar virtual, a velocidade do personagem é calculada a partir do sensor de EEG. O objetivo é pedalar e manter-se na curva referencial de velocidade, que pode ser modificada a depender da atividade selecionada.

Ainda sobre problemas motores, o projeto RehaBot [1] (Trabalho D) apresenta uma alternativa versátil para diversos tipos de reabilitação motora. Ele propõe a cons-

⁸www.oculus.com/rift/

trução de um sistema baseado em jogos que seja personalizável e adaptativo. A ideia é permitir que o paciente faça os exercícios com a ajuda de assistentes virtuais (chamados *rehab bots*), mostrados nas cenas do jogo para guiar o paciente durante a realização dos conjuntos de posições propostas. O paciente interage com o jogo por meio de gestos reconhecidos pelo sensor Kinect. O fisioterapeuta possui uma interface na qual, além de consultar o histórico de atividades do paciente, também pode criar ou customizar exercícios. Ainda neste projeto, o grau de engajamento está relacionado com a dificuldade dos gestos exigidos, que são calculados e ajustados automaticamente pelo jogo.

Por fim, o trabalho de Wang et al. [177] (Trabalho E) propõe um *exergame* para a reabilitação de pacientes que apresentam disfunções motoras causadas por AVCs. No jogo, o paciente deve pedalar tentando acompanhar e permanecer ao lado de um outro avatar que aparece na tela. Sua velocidade é calculada a partir de suas pedaladas e de sua atenção ao exercício. Embora utilize uma bicicleta ergométrica para interagir com o jogo, o paciente tem os dados sobre as pedaladas e velocidade coletados a partir de um sensor goniômetro⁹ preso ao joelho do paciente. Um equipamento de eletroencefalograma captura os dados sobre a atenção do paciente ao exercício. A motivação do paciente é promovida também por meio de ajustes na dificuldade da atividade realizada: o avatar que o personagem deve seguir é regulado com base nos níveis de atenção e pedaladas obtidos.

No horizonte da proposta apresentada no presente trabalho, é importante que ela seja posicionada frente aos projetos comentados. Em relação ao trabalho A, que é o projeto que traz maiores similaridades, tem-se que o problema abordado foi estendido, dado o novo desenho arquitetural da solução e a nova hipótese de pesquisa que tem por base este desenho: o *exergame* é agora distribuído e os atores (paciente e fisioterapeuta) estão em dois lugares distintos. Por outro lado, a adição de outros elementos de jogos (como obstáculos e objetos coletáveis, além da criação de metas e objetivos a serem atingidos) visa aumentar o engajamento dos pacientes na atividade. Outro diferencial está na validação da hipótese a partir de testes diretamente com voluntários.

Tendo em vista os outros trabalhos, a proposta mostra algumas similaridades em meio a contrastes. De forma semelhante a B, C e E, o cicloergômetro é o aparelho utilizado para interação entre o paciente e o jogo. Entretanto, enquanto estes trabalhos fazem uso de sistemas auxiliares de alto custo, como o aparelho de EEG, este projeto traz uma abordagem que visa complementar os dados vindos do cicloergômetro com sensores de baixo custo e que serão de fácil utilização por parte do paciente: o sensor de batimentos cardíacos e oxigenação sanguínea, que é facilmente encaixado em algum

⁹O goniômetro ou sensor angular é uma espécie de sensor formado por dois componentes unidos por um cabo. Um componente é fixado imediatamente antes da articulação e o outro imediatamente depois. Consegue medir a angulação de abertura da articulação.

de seus dedos. Ao apresentar uma proposta com menos aparelhos, busca-se a facilidade de uso e o aumento da adesão, evitando-se equipamentos que precisam de auxílio para serem acoplados ao corpo ou configurados, como é o caso dos goniômetros, dispositivos de Realidade Virtual e aparelhos de EEG.

Em relação ao engajamento, a proposta deste projeto apresenta, a exemplo dos demais trabalhos, metas e objetivos, bem como a possibilidade de configuração do nível de dificuldade do exercício. Essa configuração pode ser feita antes do início da sessão e pode ser modificada a qualquer momento pelo fisioterapeuta. Entretanto, diferentemente de todos, a interação com o fisioterapeuta se dá mais ativamente: ele pode ver, conversar, acompanhar, configurar e “participar” da atividade com o paciente, caso deseje. Portanto, distintamente dos demais, essa relação entre os dois atores pode se dar na forma de uma interação direta e ativa, aumentando o engajamento e a motivação do paciente em realizar a terapia.

A Tabela 3.2 expõe uma visão geral acerca dos trabalhos apresentados em comparação entre si e com a proposta em questão.

Tabela 3.2: Comparação entre os trabalhos apresentados e a proposta deste projeto.

	Trabalho A	Trabalho B	Trabalho C	Trabalho D	Trabalho E	Projeto Proposto
Método de interação	Cicloergômetro e sensores (batimentos cardíacos + oxímetro)	Oculus Rift Cicloergômetro	Bicicleta ergométrica EEG	Kinect	Bicicleta ergométrica goniômetro + EEG	Cicloergômetro, joystick e sensores (batimentos cardíacos + oxímetro)
Custo dos equipamentos	Baixo	Alto (> R\$ 3000,00)	Alto (> R\$ 3000,00)	Baixo	Alto (> R\$ 3000,00)	Baixo
Proposta para engajamento	A própria construção do jogo é tida como promotora de engajamento.	Metas e objetivos	Níveis de dificuldade otimizados continuamente	Níveis de dificuldade ajustados automaticamente	Níveis de dificuldade ajustados automaticamente	Configuração da dificuldade dinamicamente, objetivos, metas e interação no jogo com o fisioterapeuta
Presença ativa do fisioterapeuta	Sim, presencialmente.	Não	Não	Não	Não	Sim, virtualmente.
Fisioterapeuta configura previamente a atividade	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Existe interação entre o paciente e o fisioterapeuta?	Sim, presencialmente.	Não	Não	Não	Não	Sim, virtualmente.

Exergame

Este capítulo descreve o desenvolvimento do *exergame* proposto, bem como as escolhas de projeto, nuances diversas e dificuldades encontradas ao longo do processo. Ao fim, faz-se uma descrição mais completa do funcionamento do jogo, com capturas de tela, visando apresentar o resultado do processo de construção.

4.1 Desenvolvimento do Protótipo

Tendo por base os pressupostos já apresentados, foi construído, então, o protótipo. Seu desenvolvimento se deu por diversas etapas envolvendo aspectos de remodelagem do *hardware*, bem como a construção do jogo dentro da *engine* e dos demais artefatos de *software* auxiliares.

Para o desenvolvimento do *exergame* distribuído, optou-se pela permanência na Unreal Engine 4¹, dado que o projeto anterior já havia sido construído nela e considerando também seu potencial como um dos mais difundidos motores de jogos disponíveis. Ela possui uma poderosa gama de ferramentas que pode tornar o desenvolvimento menos dispendioso em termos de tempo e apresenta resultados com boa qualidade [49, 97].

O jogo foi desenvolvido a partir de uma arquitetura distribuída, interpretada dentro do motor de jogos como *multiplayer*, sendo cada ator um *player*, ainda que desempenhando diferentes funções. Os atores e os casos de uso do *exergame* podem ser visualizados no diagrama de casos de uso da Figura 4.1.

O Fisioterapeuta configura os parâmetros para a realização da atividade (valores mínimos e máximos aceitáveis para o nível de batimentos cardíacos e saturação de oxigênio no sangue, duração da atividade e velocidade esperada das pedaladas, dentre outros). Além disso, ele monitora os dados fisiológicos coletados do paciente durante a realização da sessão e pode, caso deseje, acompanhar o jogo de forma interativa, “jogando” com o paciente, através de comandos do teclado (ao invés de pedalar com o cicloergômetro), visando promover uma forma de interação que aumente o engajamento.

¹www.unrealengine.com/

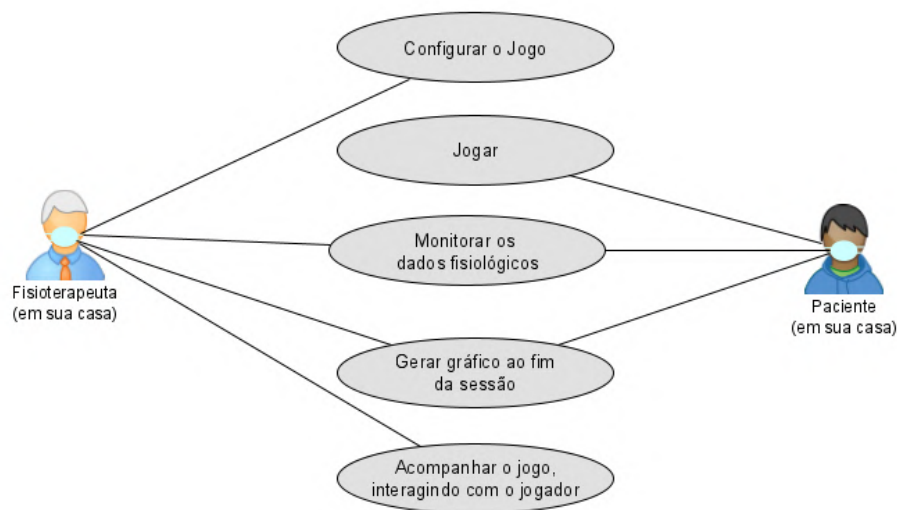


Figura 4.1: Atores e Casos de Uso do *Exergame*.

Ao final da atividade, é possível visualizar um gráfico com os dados de batimento cardíaco e saturação de oxigênio coletados ao longo da sessão pelos sensores, bem como visualizar o histórico das sessões.

O Paciente, por sua vez, é capaz de realizar a atividade dentro dos parâmetros configurados pelo Fisioterapeuta. Ele joga por meio de suas pedaladas, que regulam a velocidade do personagem, e ainda por meio de comandos secundários que podem ser realizados com um *joystick* (teclado numérico com marcações que permitem identificar mais facilmente os comandos - Figura 4.2) ou com o teclado convencional (deslocamentos do personagem para a direita e para a esquerda ou rotações). Ele também visualiza na tela os seus dados fisiológicos e, ao fim de cada sessão, tem acesso ao relatório gerado.

Para que seus dados possam ser passados ao computador, algumas adaptações foram necessárias no cicloergômetro. Tratando-se de um projeto de baixo custo, foram selecionados componentes e sensores difundidos no mercado e que possam oferecer robustez ao serem utilizados por longos períodos, além de bom desempenho e o mínimo de precisão nos resultados. A maior parte do projeto seguiu os padrões e escolhas do trabalho anterior, contando, entretanto, com algumas mudanças.

Na captura dos dados referentes às pedaladas e velocidade do paciente, optou-se por manter a abordagem anterior: recolher as informações vindas de um interruptor magnético nativo do cicloergômetro. Para recebê-las e realizar o encaminhamento para o jogo, através de uma porta serial, foi mantida a escolha da placa Arduino Uno², por ser difundida no mercado, de fácil aquisição e pequena, podendo ser acoplada

²store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3



Figura 4.2: Teclado numérico utilizado para controlar o jogo.

facilmente ao cicloergômetro, facilitando o uso. A dinâmica de envio das informações do cicloergômetro para o motor de jogos também continua a mesma do trabalho anterior: o *plugin* desenvolvido por Battisti continuou sendo utilizado para realizar a desserialização das tuplas JSON que chegam via Arduino. Assim, dentro do motor de jogos, é possível direcionar cada valor a uma variável para que seja manipulado.

Para os dados de batimentos cardíacos e oxigenação do sangue, foi escolhido um sensor mais atual (o projeto anterior fez uso do modelo MAX30100). Trata-se do MAX30102, da Maxim Integrated³, uma pequena placa colocada em um dos dedos do paciente. Esta é uma solução que integra os dois sensores (oximetria de pulso e monitor de frequência cardíaca), operando através de dois LEDs, um fotodetector e circuitos para processamento de sinais analógicos de baixo ruído. Seu funcionamento se baseia no fato de que o sangue oxigenado absorve mais luz infravermelha e passa mais luz vermelha, enquanto o sangue desoxigenado absorve luz vermelha e passa mais luz infravermelha. Ainda que não seja um sensor médico, optou-se por este considerando o custo, a maior precisão em relação a outros sensores testados (PulseSensor e MAX30100) e que os dados a serem recolhidos do paciente não são críticos. Os sensores são integrados ao Arduino como no esquema mostrado na Figura 4.3.

Para que o protótipo possa ser submetido aos testes em uma quantidade considerável de pessoas, é necessário robustez no acoplamento dos sensores e da placa Arduino ao cicloergômetro. Por isso, foram concebidos objetos 3D que, impressos, são superfícies para a fixação dos componentes e podem ser presos por abraçadeiras plásticas no equipamento. No caso do sensor MAX30102, foi desenvolvida uma peça que evita o contato direto do dedo do paciente com a placa, evitando desgastes e garantindo seu bom desempenho. O cicloergômetro finalizado pode ser visto na Figura 4.4. O objetivo final

³www.maximintegrated.com

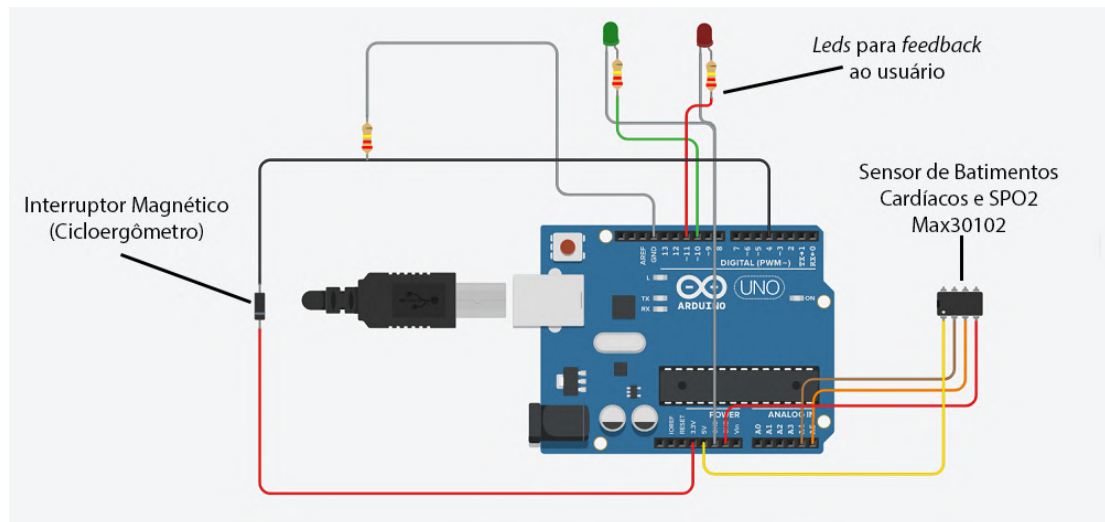


Figura 4.3: Sensores e placa Arduino Uno.

foi evoluir no desenvolvimento do *hardware* de forma que os artefatos a serem fixados no cicloergômetro se tornem um módulo acoplável, facilitando o uso e a adaptação do sistema para outros modelos de bicicletas (versatilidade e abrangência), bastando apenas que a bicicleta a receber o sistema faça uso de um interruptor magnético para a contagem das pedaladas, recurso presente em muitos modelos de bicicletas ergométricas.



Figura 4.4: Cicloergômetro adaptado para o projeto.

Em relação à dinâmica de transmissão dos dados dentro do jogo (Figura 4.5), é necessário considerar que o motor de jogos escolhido, a Unreal Engine 4, possui suporte a aplicações *multiplayer*, implementando, para isso, uma arquitetura cliente-servidor. Neste modelo, o servidor pode ser executado de forma vinculada a um dos *players* ou ainda de forma dedicada [74]. O projeto teve em vista a execução do servidor vinculada ao *player* do Paciente. A comunicação acontece através do armazenamento de conjuntos de

variáveis (denominados de Estados de Jogo) e da solicitação destes entre os clientes e o servidor.

Sendo assim, os dados dos sensores que são armazenados em variáveis dentro do *player* Paciente são conduzidos ao servidor e disponibilizados ao Fisioterapeuta, quando este solicitar o acesso. Por outro lado, os dados da configuração do *exergame*, fornecidos pelo Fisioterapeuta, são conduzidos também ao servidor e o Paciente, por sua vez, os solicita antes do início da atividade ou quando estas configurações forem alteradas pelo Fisioterapeuta.

A configuração da atividade é exemplo de como este processo ocorre dentro do motor de jogos. Ela é realizada tanto pelo Paciente quanto pelo Fisioterapeuta, ainda que configurem funcionalidades distintas. O Paciente precisa indicar a porta serial por onde está conectado o cicloergômetro e o Fisioterapeuta, por sua vez, faz a configuração dos parâmetros da atividade, como a velocidade esperada, o tempo de duração e valores de mínimo e máximo esperados em relação à frequência cardíaca e saturação de oxigênio do sangue. Cada qual altera as variáveis do Estado do Jogo no servidor associadas aos ajustes feitos, e, quando a atividade é iniciada, os dois solicitam do servidor a configuração feita pelo outro.

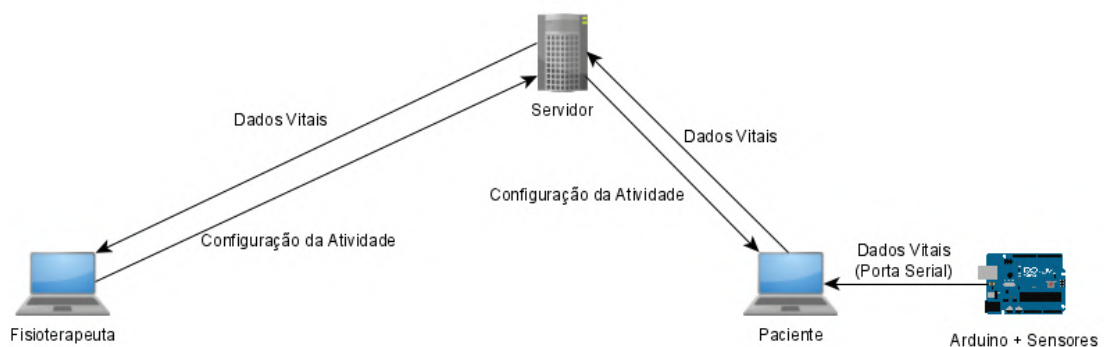


Figura 4.5: Diagrama de Transmissão dos Dados.

A todo tempo o Fisioterapeuta pode alterar algumas das configurações feitas no início, caso julgue necessário. Neste caso, as variáveis do Estado do Jogo do servidor são novamente modificadas e o Paciente, quando verifica que houve mudanças (através de uma variável de controle no servidor), faz a atualização dos valores.

É válido mencionar que, considerando essa dinâmica de transmissão dos dados, o sincronismo do tempo de atividade depende diretamente do fato de que é preciso garantir que os dois *players* iniciem a atividade ao mesmo tempo, ainda que tenham apertado o botão “Play” em tempos diferentes. Por isso, foi implementado um mecanismo para que seja necessário que ocorra uma espécie de *handshake*: o primeiro a apertar o botão

aguarda o outro, de forma que o jogo tem o seu início apenas quando os dois estiverem a postos. Estando todos prontos, a atividade é iniciada.

Ainda sobre a circulação e armazenamento dos dados, foi utilizado o sistema elaborado por Battisti para a geração do gráfico de desempenho de cada sessão: o armazenamento das informações sobre a performance do paciente (BPM e SpO2) localmente em *arrays*. Entretanto, foi pensado um segundo sistema que permite a persistência dessas informações para a geração de um gráfico que apresenta o histórico do desempenho médio das sessões. Para isso, a classe de *blueprints Save Game*, recurso nativo da Unreal Engine, foi selecionada⁴. Ela permite que os valores de determinadas variáveis sejam “salvos”, isto é, permaneçam armazenados, ainda que o jogo seja desligado, e possam ser acessados na próxima vez que ele for iniciado. Seus métodos principais, *Create Save Game Object*, *Load Game from Slot* e *Save Game to Slot* permitem a manipulação das variáveis. Na implementação deste jogo, foram guardadas as médias de valores de BPM, SpO2 e número de pedaladas de cada sessão, para a geração do gráfico.

Considerando todas estas questões e técnicas levantadas, foi construído o *exergame* na Unreal Engine 4. As imagens da Figura 4.6 apresentam alguns elementos do desenvolvimento do jogo.

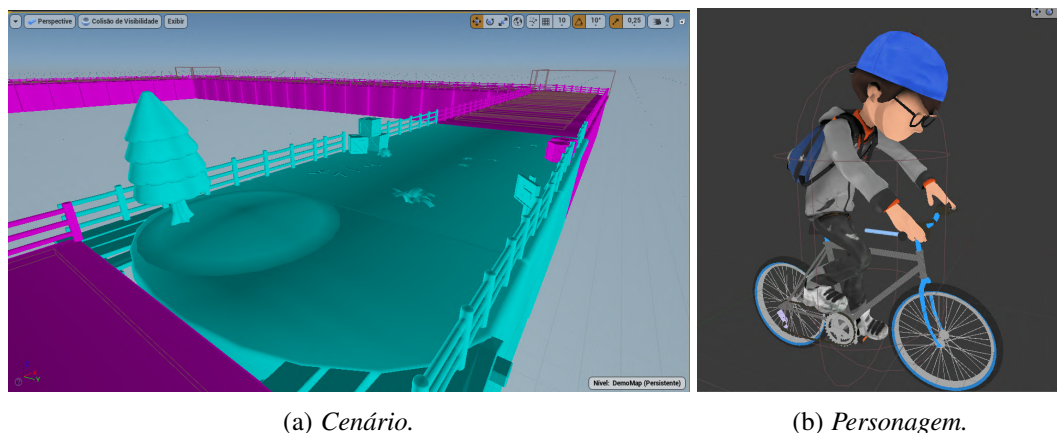


Figura 4.6: Processo de desenvolvimento do *exergame*.

Alguns dos modelos 3D foram desenvolvidos com o auxílio do software Autodesk 3D Studio Max⁵, no qual foram realizadas as etapas de modelagem 3D, texturização, assimilação de esqueleto (*rigging*) e desenvolvimento das animações. Alguns itens do cenário e ainda o personagem principal (Figura 4.6) foram modelados dentro deste processo. Outros modelos foram mantidos a partir do projeto original de Battisti, no qual haviam sido obtidos de forma externa, na UE Marketplace⁶.

⁴docs.unrealengine.com/4.26/en-US/BlueprintAPI/SaveGame/

⁵www.autodesk.com/products/3ds-max/overview

⁶www.unrealengine.com/marketplace/en-US/store

Para a construção do movimento do personagem, foram produzidas duas sequências de animações: pedaladas em baixa e em alta velocidade. Assim, é possível mesclar estes dois movimentos, a partir dos recursos de *animation blueprint* e *animation blendspace* (na Unreal Engine), que permitem associar o valor da variável de velocidade do personagem (no intervalo de 0.0 a 1.0) com a execução das animações. Dessa forma, o personagem “pedala” com a velocidade correspondente ao exercício no cicloergômetro. Além da execução da animação, a variável de velocidade do personagem (calculada a partir da velocidade das pedaladas do paciente, capturadas pelo interruptor magnético) é responsável pela movimentação do personagem para frente.

Além da movimentação frontal (pedaladas com o cicloergômetro), o jogo dispõe de outras possibilidades de controles. O paciente pode realizar movimentos de deslocamento lateral e rotações, a partir das teclas A-D (deslocamentos laterais - esquerda e direita) e Q-E (rotações - esquerda e direita). Estes controles podem ainda ser realizados por meio de um miniteclado ou também *joystick bluetooth*. O fisioterapeuta, quando escolhe a opção de “jogar junto” com o paciente, pode controlar, além de todos estes comandos, a velocidade do seu avatar com as teclas W-S (aumentar e diminuir a velocidade). Assim, o personagem se movimenta à medida em que o paciente interage com o aparelho físico e com os controles.

Em relação à ergonomia do paciente em conjunto com o cicloergômetro adaptado com os sensores e também com o controle extra (miniteclado ou *joystick bluetooth*), tem-se que o projeto foi organizado de forma a permitir a realização das sessões em duas posições principais (aquelas que são, de fato, mais utilizadas na terapia tradicional): com o paciente sentado ou deitado. Um modelo de ergonomia para estas duas possibilidades pode ser observado na Figura 4.7.

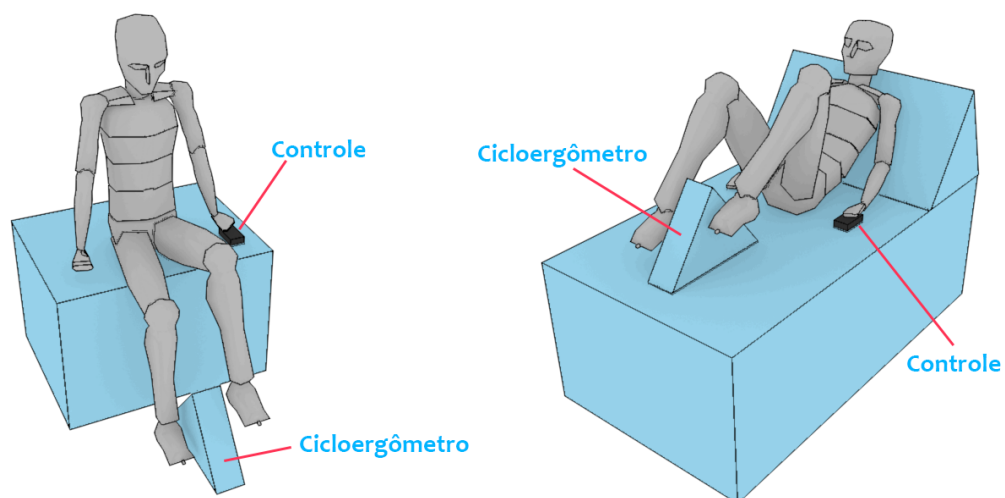


Figura 4.7: Posições ergonômicas para a interação com o *exergame*.

Ao interagir fisicamente com estes equipamentos, o paciente faz com que o personagem interaja, dentro do jogo, com o cenário e também com os objetos que estão dispostos ao longo da pista.

Considerando a criação do cenário do jogo, tem-se que este foi repensado como uma espécie de estrada disposta na forma de um trajeto em ciclo, por onde o jogador se desloca e a atividade se desdobra. A geração do cenário implementada anteriormente (geração em tempo de execução) acarretou em problemas no cenário *multiplayer* e precisou ser redesenhada, dado que a sua geração ocorre de forma local, em cada “*player*”, provocando erros de sincronização. Foram também colocadas duas cercas para evitar problemas de queda do personagem no mar. Foram também dispostos elementos colisores invisíveis (*box triggers*) junto à cerca, de forma a impedir que o personagem consiga cair de alguma forma.

A vegetação, o mar e o vento nas folhagens são elementos que foram mantidos, tendo por base um estudo mais aprofundado sobre o impacto que provocam no jogador: despertam emoções e sensações relacionadas à calma e redução da ansiedade (a partir da semântica das cores), e foram mantidos no intuito de diminuir a tensão relacionada às dificuldades da terapia. Os tons principais da paleta de cores do jogo são mostrados a seguir, junto com seu significado psicológico e simbólico a partir de Andrade e Evangelista [9]:

- Verde: relaciona-se à juventude, vigor, frescor, esperança e calma;
- Azul: associa-se à lealdade, fidelidade, idealismo e sonho.

Por ser disposto em um ciclo e, por consequência, possuir curvas em seu trajeto, a movimentação do personagem também foi pensada de forma a tornar a jogabilidade mais fluida: as rotações nas curvas da pista são feitas automaticamente por meio de um *box trigger*: quando o personagem colide com este objeto, modifica sua própria rotação. Assim, com um *box* em cada extremidade das curvas (Figura 4.8), elas são realizadas sem que seja necessário qualquer comando por parte do jogador.

Além do cenário, o personagem também interage com outras duas categorias de elementos: os objetos coletáveis e os obstáculos. Eles são componentes que correspondem aos objetivos e metas do jogo [159]. Os obstáculos, caixotes dispostos no cenário, foram configurados em suas opções de colisão como “*BlockAll*”, ou seja, são objetos que oferecem resistência à passagem do personagem. Quando ele colide com algum dos caixotes, deve realizar um desvio, deslocando-se lateralmente para prosseguir o caminho.

Em relação aos objetos coletáveis (que são moedas e ainda objetos bônus que premiam cada volta completada), tem-se que apresentam colisores que, ao colidirem com o personagem (ação de coletar o objeto), destroem o objeto coletável e incrementa-se

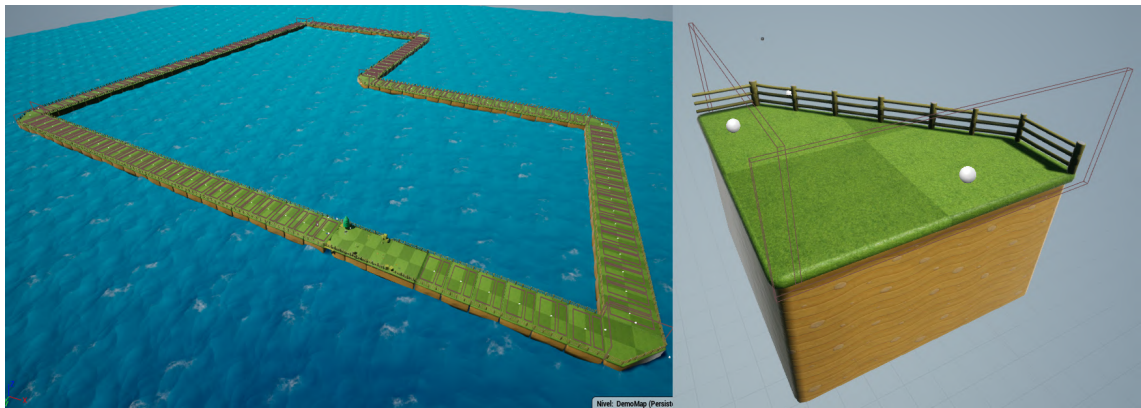


Figura 4.8: Estrada cíclica e sistema para curvas.

o valor da variável responsável por armazenar a pontuação do jogador. Além disso, no início do jogo é estipulada e mostrada ao jogador a meta de coleta de moedas por sessão. Quando ela é atingida, uma mensagem de congratulação é mostrada e é acompanhada de *feedback* sonoro.

Uma questão importante para o desenvolvimento do *exergame* foi a geração destes elementos (obstáculos e objetos coletáveis), pois muitas nuances estão envolvidas na relação entre competitividade/ludicidade do jogo e a realização da terapia em si. É necessário considerar que, em determinados cenários, a existência de obstáculos, por exemplo, pode atrapalhar o andamento das sessões. Por isso, optou-se por oferecer a possibilidade de ativar ou desativar a geração destes elementos no painel de configuração inicial do fisioterapeuta. Assim, ele pode escolher a melhor opção, a partir da situação de cada paciente.

Em termos de implementação, dada a natureza do *exergame*, que é distribuído/*multiplayer*, alguns impasses se colocaram. A simples geração aleatória destes elementos resultava na obtenção de posições diferentes dos obstáculos e dos objetos coletáveis nos dois *players*, dado que essa geração acontecia localmente em cada *player*. Por outro lado, uma geração não-aleatória resultava no mesmo cenário em todas as sessões, trazendo monotonia ao jogo. A solução foi realizar a geração aleatória das posições no servidor e distribuí-la aos dois clientes, que armazenam localmente estes valores em um vetor, fazendo com que o mesmo cenário fosse gerado localmente pelos dois jogadores. Os vetores são percorridos de forma circular, o que torna escalável a geração dos obstáculos em relação ao tempo de atividade.

Ainda neste campo, considerando a disposição circular do cenário, foi pensada uma estratégia para que a configuração destes elementos varie a cada volta. Após a passagem do personagem por uma determinada parte do cenário (uma das plataformas gramadas que compõem a estrada), um contador de *delay* com duração de cinco segundos

é disparado e, após este tempo, os elementos são gerados novamente na plataforma, a partir de uma nova posição do vetor gerado aleatoriamente no início do jogo. Assim, todas as vezes que o personagem passa por determinada plataforma, encontra obstáculos em lugares diferentes e novos objetos para coletar.

É importante destacar ainda que, durante a experiência, a comunicação por áudio e vídeo é realizada com o suporte de uma plataforma simples de videochamadas, desenvolvida para este propósito, acoplada ao jogo. Para a construção desta plataforma, optou-se pela ferramenta Web Real-Time Communication (WebRTC)⁷, uma série de APIs (*Application Programming Interfaces*) para comunicação em tempo real. Utilizando o modelo *peer-to-peer*, ela é uma tecnologia *web* que permite que aplicações móveis ou navegadores realizem chamadas com *streams* de áudio, vídeo e dados [161].

São vantagens da WebRTC o uso de compressão e redução de ruídos de áudio e vídeo. Apresenta também componentes de captura e renderização de áudio, captura de vídeo e entrada/saída de rede [95]. Outra vantagem é que as APIs disponíveis (MediaStream para envio de *streams* de mídia, PeerConnection para estabelecer a conexão entre os *peers* e DataChannel para enviar e receber textos e arquivos) podem ser manipuladas utilizando JavaScript e HTML5, linguagens populares e de rápido aprendizado. Assim, foi codificado um serviço simples para a realização de videochamadas.

Considerando todos os elementos elencados e discutidos nesta seção, o processo de construção *exergame* foi concluído.

4.2 Funcionamento

Após a fase de desenvolvimento, o resultado do processo foi tido pela equipe como satisfatório e adequado para os passos que se seguiram. A Figura 4.9 apresenta as telas em funcionamento e o serviço de videochamadas, disposto ao lado da tela do jogo.

Antes que a atividade tenha início, é necessário que seja configurada por ambos os atores, Paciente e Fisioterapeuta. As telas de configuração são mostradas na Figura 4.10. O Paciente precisa indicar a porta serial por onde está conectado o cicloergômetro e o Fisioterapeuta, por sua vez, faz a configuração dos parâmetros da atividade, como a velocidade esperada, a duração e valores de mínimo e máximo esperados para frequência cardíaca e saturação de oxigênio do sangue. Caso os dados recebidos do Paciente estejam fora das margens estipuladas, um alerta visual é mostrado na tela durante o jogo. Além disso, para permitir um melhor desempenho, a qualidade gráfica também é ajustável.

Ademais, a configuração permite outros ajustes que buscam conferir um grau maior de personalização da atividade, fazendo com que a sessão seja concebida “sob

⁷webrtc.org

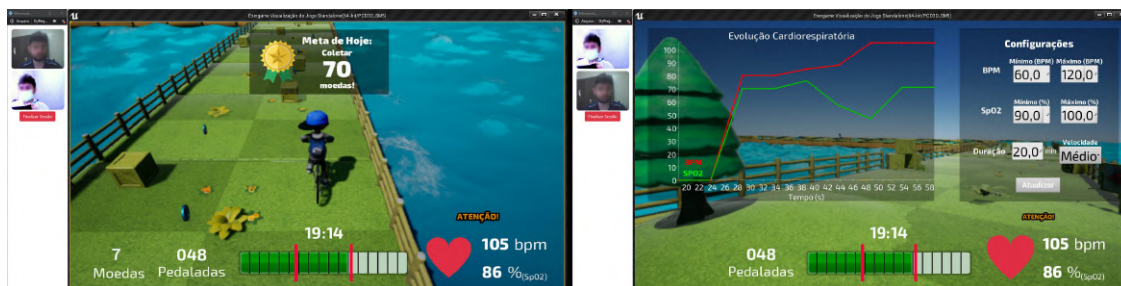


Figura 4.9: Telas do jogo em funcionamento: Paciente e Fisioterapeuta.

medida”, dentro das necessidades de cada paciente. Neste sentido, o Fisioterapeuta pode determinar a presença ou ausência de obstáculos (dos quais o Paciente deverá desviar) ou de moedas (objetos que o Paciente deverá coletar). Ele pode ainda escolher como prefere participar da experiência, seja como *espectador* (sem interagir diretamente com o jogo, apenas visualizando as informações) ou como *jogador*, isto é, participa da atividade ao lado do Paciente.

Quando os dois atores estiverem prontos para o início da atividade, cada um deve apertar o botão “Play”. Estando tudo preparado, ela é então iniciada.

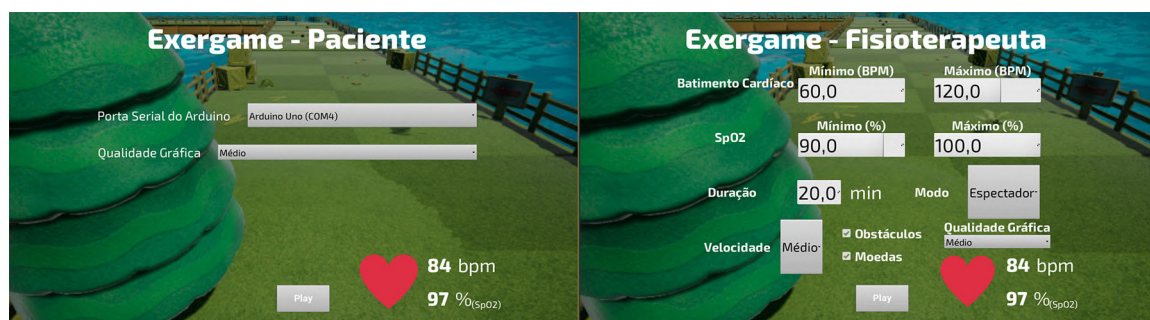


Figura 4.10: Telas de configuração do *exergame*.

A partir dos levantamentos realizados nas etapas anteriores, verificou-se que a presença de determinados elementos de jogos é importante para a promoção do engajamento do paciente. Alguns destes elementos são: um objetivo bem definido, metas alcançáveis e o desafio que o jogo proporciona (obstáculos e dificuldades). Neste protótipo foram dispostos estes elementos, de forma a aumentar a motivação do paciente na realização da atividade, como descrito anteriormente.

Nesse sentido, o *exergame* apresenta um personagem (Figura 4.11 (a)) que, usando uma bicicleta, pedala à medida que o Paciente realiza sua atividade na velocidade correspondente. Uma barra disposta visualmente na tela aumenta sua contagem a cada novo ciclo do pedal e o valor desse aumento é proporcional ao tempo que levou o último ciclo. Assim, o jogador deve atentar-se à sua velocidade para manter a marcação da barra

entre duas faixas vermelhas, que mostram as margens de mínimo e máximo configuradas pelo Fisioterapeuta.

São gerados caixotes em pontos aleatórios para que sejam obstáculos, além de moedas, objetos a serem coletados pelo personagem (Figura 4.11 (b)). O objetivo do jogo é finalizar a atividade, pedalando com uma velocidade dentro da faixa designada pelo Fisioterapeuta, coletando o máximo de moedas possível e desviando dos obstáculos. Ao final de cada volta, um objeto especial, que contém uma pontuação bônus, pode ser coletado pelo jogador (na Figura 4.11 (b), a estrela central). A cada jogo, uma meta de coleta de moedas é estipulada, e o jogador deve atingi-la.



(a) Personagem desenvolvido.

(b) Obstáculos, metas e objetos coletáveis.

Figura 4.11: Elementos de jogos desenvolvidos para o *exergame*.

Dentro do jogo, o Fisioterapeuta acompanha o desempenho do jogador, vendo em sua tela os dados captados pelos sensores, além de um gráfico de desempenho gerado em tempo real. Se ele optou, nas configurações iniciais, pelo modo “espectador”, sua tela será semelhante à mostrada na Figura 4.9, na imagem da direita.

A qualquer momento, caso julgue necessário, ele pode alterar algumas das configurações feitas inicialmente, no painel de “configurações”. Ele pode modificar os valores de mínimo e máximo dos batimentos cardíacos, oxigenação do sangue, além da duração da sessão e a velocidade esperada. Esta última configuração, além de permitir maior personalização da atividade, contribui para o aumento ou diminuição da dificuldade do jogo, potencializando, assim, o engajamento do paciente. Basta que o Fisioterapeuta clique em “Atualizar”, que as configurações são alteradas para os dois atores.

Por outro lado, o Fisioterapeuta pode ainda escolher o modo “jogador” (Figura 4.12), no qual, além de todas essas configurações, controles e informações disponíveis, pode “jogar junto com o Paciente”, isto é, pedalar ao seu lado, para aumentar a sensação de companhia e engajamento. Para isso, o Fisioterapeuta recebe também um personagem similar ao do jogador, controlável através do teclado. Isso faz ainda com que a velocidade das pedaladas do paciente seja sugerida pelo ritmo do fisioterapeuta, dado que, estando os dois “lado a lado”, o paciente percebe que deve acompanhá-lo. Se o fisioterapeuta julgar

que a velocidade do paciente está elevada, ele pode diminuir a sua própria velocidade, o que sugere ao paciente que assim também o faça.



Figura 4.12: Tela do Fisioterapeuta em modo “Jogador”.

Durante a atividade, é constante a exibição dos dados dos sensores na tela, sendo que um alerta é emitido se estes fogem à faixa inicialmente estipulada. Ao fim da sessão, é apresentada, tanto para o Paciente quanto para o Fisioterapeuta, a tela com o gráfico de desempenho final (Figura 4.13), a partir do qual o profissional de saúde pode avaliar o paciente clinicamente, observando a evolução da frequência cardíaca e oximetria durante o tempo de atividade. Estes dados são armazenados e apresentados aos atores também na forma de um relatório de acompanhamento geral (histórico), mostrando, dessa forma, a evolução geral do Paciente no decorrer das sessões.

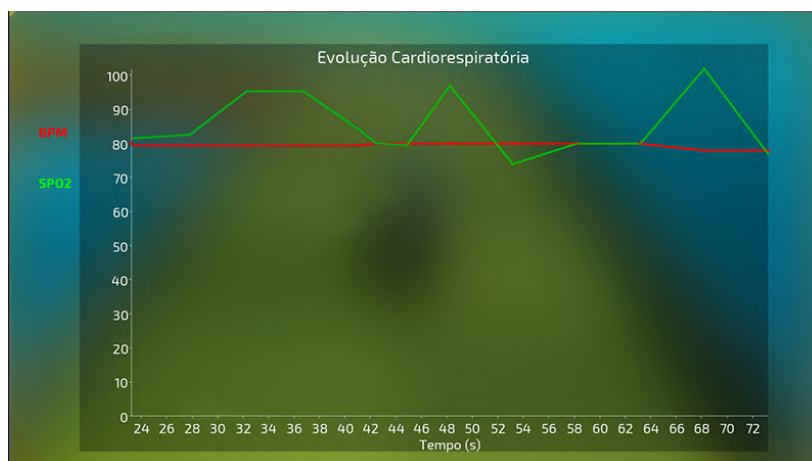


Figura 4.13: Gráfico de desempenho da sessão.

Com o protótipo construído e em pleno funcionamento, a próxima etapa é a de validação da hipótese, por meio da avaliação e testagem da solução desenvolvida.

Avaliação e Resultados

Este capítulo elenca e discute os processos de avaliação realizados (aspectos teóricos e metodológicos), bem como os principais resultados obtidos neste projeto (além do próprio *exergame*, que é considerado também um resultado da pesquisa), a saber: a avaliação com os especialistas realizada pelo Método Delphi (que compreendeu duas etapas) e ainda os testes de Experiência de Jogador com voluntários. Ao final, uma síntese busca pontuar e conjugar os resultados de forma que seja possível vislumbrar a validade da hipótese de pesquisa.

A testagem e a avaliação do protótipo foram planejadas em vários passos. A princípio, uma primeira validação com os profissionais de saúde aconteceu ao longo do processo de desenvolvimento, a partir de diálogos e reuniões com fisioterapeutas, com a finalidade de recolher impressões acerca de determinados aspectos da solução. Os apontamentos realizados pelos profissionais puderam indicar novas demandas e auxiliar na identificação e correção de erros.

De forma paralela, a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Goiás¹ foi um passo essencial para viabilizar a realização da testagem. Este processo se desenrolou em diversas etapas, que visaram assegurar que os testes respeitariam a integridade dos envolvidos, sem oferecer quaisquer riscos à saúde. A aprovação do projeto pelo CEP abriu as portas para que os procedimentos de avaliação e testes pudessem ser iniciados².

Ainda que as conversas com os profissionais de saúde tenham esclarecido e norteado as tomadas de decisão, uma validação mais consistente tornou-se necessária. Por isso, a aplicação de duas rodadas de avaliação, tendo por metodologia o protocolo Delphi, permitiu a obtenção de resultados mais objetivos e estatisticamente mensuráveis [18]. Esta abordagem foi escolhida por diversas razões. Em primeiro lugar, trata-se de um método de avaliação já consagrado, concebido nos anos 1950 e utilizado vastamente.

¹cep.prpi.ufg.br

²A aprovação do CEP/UFG pode ser consultada na Plataforma Brasil (plataformabrasil.saude.gov.br) sob o código de CAAE: 35651120.6.0000.5083 com o parecer de número 5025873.

Além disso, seu uso permite a realização de uma análise profunda e variada em pontos de vista e opiniões. Permite ainda que as tomadas de decisão se deem de forma mais eficaz, dado o amparo que a validação formal com os especialistas propicia.

Uma vez validada com especialistas, a solução foi testada em voluntários, com o intuito de verificar na prática como se dá a relação entre o usuário e o jogo desenvolvido, na perspectiva do engajamento e da interação. Neste momento, escolheu-se pela realização de testes de Experiência de Jogador (PX), que visam avaliar a Experiência de Usuário aplicada ao contexto de jogos digitais. Em outras palavras, validar fatores como o engajamento do jogador, o entretenimento, a diversão, o aprendizado das mecânicas e a interação com todos os artefatos que compõem o jogo (*exergame*, controle, cicloergômetro e sensores) foram os grandes objetivos desta etapa. Para tanto, foram realizadas, a partir dos passos metodológicos próprios dos testes de PX [165], sessões curtas (de cinco minutos), gravadas por vídeo, precedidas e sucedidas da aplicação de questionários.

Ao final da aplicação dos testes, foi necessário realizar uma análise aprofundada das gravações e das respostas aos questionários, cuja síntese, junto aos resultados da avaliação Delphi, conduz à conclusão de validade ou não da hipótese. Além disso, os dados permitem identificar questões abertas ou possíveis limitações do projeto que até então não foram descobertas, lançando, assim, horizontes para melhorias e trabalhos futuros.

5.1 Avaliação Delphi - Primeira Rodada: Planejamento

Para a realização da primeira etapa da avaliação pelo Método Delphi, foi elaborado o questionário, tendo em vista os pontos principais e conceitos importantes do *exergame* construído. O respondente, após informar sua especialidade e tempo de atuação na área, realizou a leitura de um breve documento explicativo sobre o projeto, seguida de um vídeo demonstrativo, que apresentou cenas do *exergame* sendo utilizado na prática³.

Após essas etapas, foi convidado a responder o questionário, disposto a seguir, formado por assertivas a serem julgadas por meio da escala Likert, além de perguntas abertas, com o objetivo de abrir espaço para que os especialistas pudessem contribuir com suas críticas, sugestões ou informações que estejam fora do escopo inicial das questões.

1. Aplicar o *exergame* apresentado durante a realização de sessões de reabilitação ou telerreabilitação com cicloergômetro engaja o paciente na atividade (Escala Likert).
2. O *exergame* viabiliza a realização da sessão com a participação ativa do fisioterapeuta, ainda que de forma remota (Escala Likert).

³O vídeo pode ser assistido na íntegra em youtu.be/nd3HzeVvhcc.

3. O *exergame* construído permite de forma suficiente a realização de sessões de telerreabilitação (Escala Likert).
4. As opções de configurações iniciais dispostas ao fisioterapeuta são satisfatórias e permitem a personalização adequada da atividade (Escala Likert).
5. A possibilidade de acompanhar em tempo real o desempenho do paciente por meio do gráfico de desempenho é satisfatória (Escala Likert).
6. A possibilidade do fisioterapeuta personalizar a atividade (valores mínimos e máximos esperados de frequência cardíaca e SpO2, duração e velocidade esperada), após iniciada a sessão, por meio do painel de configurações, é satisfatória (Escala Likert).
7. A possibilidade de adicionar um avatar para que o fisioterapeuta “esteja ao lado” do paciente é geradora de engajamento (Escala Likert).
8. A possibilidade de utilização de um controle adicional para que o paciente comande os movimentos do personagem junto com o cicloergômetro faz com que o paciente se sinta mais engajado no jogo (Escala Likert).
9. O sistema de videochamadas auxiliar é útil para a comunicação entre o paciente e o fisioterapeuta (Escala Likert).
10. A exibição dos dados na tela do paciente (número de pedaladas, velocidade, frequência cardíaca e SpO2) auxilia na realização da atividade (Escala Likert).
11. A exibição dos dados na tela do fisioterapeuta (número de pedaladas, velocidade, frequência cardíaca e SpO2) auxilia no monitoramento da atividade (Escala Likert).
12. De forma geral, o *exergame* apresentado cumpre os objetivos a que se propõe e é uma solução satisfatória (Escala Likert).
13. Você percebe alguma funcionalidade que poderia ser adicionada ao jogo? Alguma contribuição adicional sobre o projeto?
14. Você visualiza alguma limitação ou restrição quanto ao uso do jogo em sessões de reabilitação ou telerreabilitação?
15. Para quais problemas de saúde você recomendaria a utilização deste jogo em cenário de reabilitação ou telerreabilitação?
16. Algum comentário ou observação adicional?

A etapa de seleção dos especialistas que responderiam ao questionário se deu com a ajuda de uma pessoa-chave: a chefe da ala de Residência em Fisioterapia do Hospital das Clínicas (HC/UFG) de Goiânia-GO. Ela auxiliou na definição do perfil dos especialistas e também na contatação dos mesmos. Foram selecionados 16 juízes, entre fisioterapeutas atuantes (com experiência na área) (10) e fisioterapeutas em residência (6).

Em relação às especialidades dos juízes, foram escolhidos profissionais que atuam em fisioterapia hospitalar e/ou cardiorrespiratória. Os residentes atuam em Unidades de Terapia Intensiva (UTI), Urgência e Emergência. No caso dos fisioterapeutas, 4

possuem especialidade em fisioterapia cardiopulmonar, 5 atuam em UTI's e 1 em área hospitalar oncológica. Além disso, alguns possuem também outras especialidades, tais como atendimento domiciliar (1 juiz), urgência e emergência adulta e pediátrica (1 juiz), saúde da mulher – uroginecologia (1 juiz) e reabilitação neurológica (1 juiz).

Outro ponto a ser ressaltado é o tempo de atuação dos juízes. Três deles atuam há menos de um ano na área, dado que são residentes de nível 1. Cinco juízes atuam há até 5 anos na área e 4 juízes atuam de 5 a 15 anos. Entre os com maior tempo de atuação, dois atuam há 16 anos, um há 17 anos e um há 20 anos. Em suma, metade dos profissionais selecionados possui mais de 10 anos de atuação na área.

Foi definido também, pela equipe de pesquisa, o que seria declarado como “consenso” nos resultados do questionário. Decidiu-se que, caso a questão atingisse um forte grau de convergência entre os especialistas em acima de 80% das respostas, seria considerado um consenso. Ou seja, se mais de 80% dos juízes concordam (“Concordo” ou “Concordo Fortemente”), discordam (“Discordo” ou “Discordo Fortemente”) ou manifestam neutralidade em relação à assertiva, há consenso.

A partir dessas definições, o questionário foi então enviado aos especialistas. Um prazo de 15 dias foi concedido para a resposta. Após essa etapa, os resultados foram analisados.

5.2 Avaliação Delphi - Primeira Rodada: Resultados

A partir das respostas dos juízes, foi possível verificar o grau de aceitação dos pontos que foram levantados nas questões elaboradas acerca do protótipo do *exergame* desenvolvido. Segue, portanto, uma análise das respostas que visa identificar em quais questões o projeto foi ou não validado, tendo em vista os resultados da primeira etapa da Avaliação Delphi. O gráfico da Figura 5.1 apresenta a distribuição das respostas fechadas (Escala Likert) dadas pelos especialistas.

Tendo como base estes resultados, é possível afirmar o seguinte acerca de cada questão (as porcentagens estão em valores aproximados):

1. **Aplicar o *exergame* apresentado durante a realização de sessões de reabilitação ou telerreabilitação com cicloergômetro engaja o paciente na atividade.** Cerca de 81,3% das respostas apontam para uma forte concordância com a assertiva. O restante aponta também para a concordância. Assim, a temática da promoção de engajamento no paciente a partir do jogo é validada com o consenso dos juízes. O jogo, pela observação dos especialistas, possui potencial para promover o engajamento e a motivação a que se propõe.
2. **O *exergame* viabiliza a realização da sessão com a participação ativa do fisioterapeuta, ainda que de forma remota.** A mesma tendência de respostas da questão

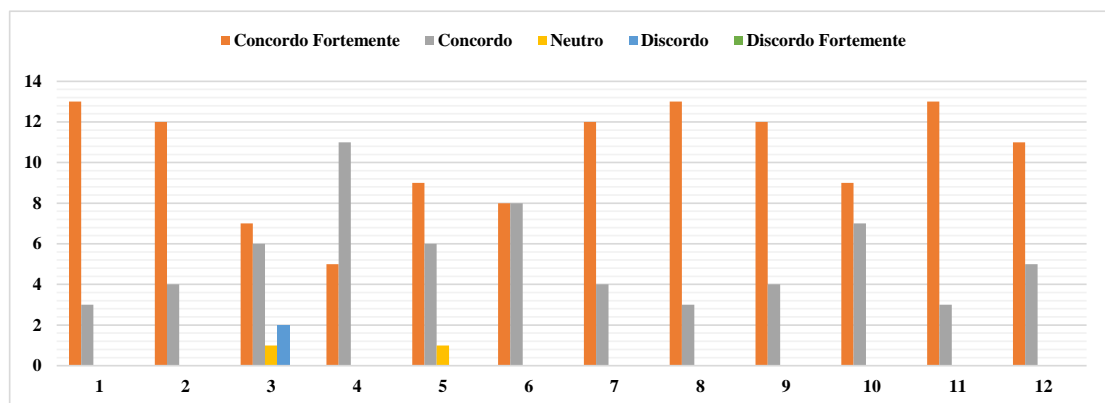


Figura 5.1: Distribuição das respostas às questões fechadas da primeira etapa.

anterior se verifica nesta: a forte concordância totaliza 75% das respostas, sendo o restante também concordância. A ideia de que o *exergame* é instrumento viabilizador para as sessões também é validada pelo consenso dos juízes. O jogo desenvolvido permite com que as sessões aconteçam, e permite ainda que o fisioterapeuta esteja participando ativamente do desenrolar dos exercícios.

3. **O *exergame* construído permite de forma suficiente a realização de sessões de telerreabilitação.** Do total de respondentes, 43% concordaram fortemente e 37,5% também concordaram com a assertiva, o que é o suficiente para que se declare também o consenso sobre esta assertiva (81,3%). É preciso mencionar, porém, que alguns especialistas apresentaram discordância: 12% discordaram da afirmação, enquanto que um especialista (6,3%) posicionou-se de forma neutra.
4. **As opções de configurações iniciais dispostas ao fisioterapeuta são satisfatórias e permitem a personalização adequada da atividade.** A concordância sobre este aspecto também implica em consenso dos juízes e valida este ponto, ainda que as respostas sejam em tendência oposta ao observado nas questões anteriores, com 68,8% dos juízes demonstrando concordância e 31,3% concordância forte.
5. **A possibilidade de acompanhar em tempo real o desempenho do paciente por meio do gráfico de desempenho é satisfatória.** O ponto foi validado por consenso – 56,3% dos juízes concordaram fortemente, 37,5% concordaram e 1 se manteve neutro. A ideia de proporcionar o monitoramento da atividade a partir de um gráfico na tela do fisioterapeuta é válida pela maioria dos respondentes.
6. **A possibilidade de o fisioterapeuta personalizar a atividade (valores mínimos e máximos esperados de frequência cardíaca e SpO₂, duração e velocidade esperada), após iniciada a sessão, por meio do painel de configurações é satisfatória.** Esta assertiva foi validada de forma unânime, onde metade dos juízes concorda e a outra metade concorda fortemente. A personalização do jogo (alteração das confi-

gurações) de forma dinâmica é um ponto importante do projeto e foi bem recebida pelos juízes.

7. **A possibilidade de adicionar um avatar para que o fisioterapeuta “esteja ao lado” do paciente é geradora de engajamento.** Este ponto foi validado também unanimemente. 75% dos juízes manifestaram forte concordância e o restante também manifestou concordância. Adicionar um avatar para o fisioterapeuta pode motivar o paciente, fazendo com que queira realizar a atividade, trazendo melhorias nos resultados das sessões.
8. **A possibilidade de utilização de um controle adicional para que o paciente comande os movimentos do personagem junto com o cicloergômetro faz com que o paciente se sinta mais engajado no jogo.** Esta assertiva também foi validada pelo consenso dos juízes. 81,3% concordaram fortemente, sendo que o restante também concordou. A inserção de mais um controle confere mais possibilidades de movimentação e aumenta a interação do paciente com o *exergame*.
9. **O sistema de videochamadas auxiliar é útil para a comunicação entre o paciente e o fisioterapeuta.** Provavelmente por conta da popularização de sistemas como estes (por conta da pandemia da COVID-19, por exemplo), a utilização de videochamadas obteve também a aprovação dos juízes como meio para aumentar a interação entre paciente e fisioterapeuta, viabilizando a comunicação por áudio e vídeo. 75% das respostas expressam forte concordância com a assertiva e o restante das respostas também aponta concordância.
10. **A exibição dos dados na tela do paciente (número de pedaladas, velocidade, frequência cardíaca e SpO2) auxilia na realização da atividade.** Tendo um total de 56,3% das respostas apontando para a forte concordância e o restante para concordância, tem-se que a exibição dos dados para o paciente foi apontada pelos juízes como um instrumento que é importante na composição da solução apresentada.
11. **A exibição dos dados na tela do fisioterapeuta (número de pedaladas, velocidade, frequência cardíaca e SpO2) auxilia no monitoramento da atividade.** Esta assertiva teve índices de forte concordância maiores que a anterior (81,3%), o que indica sua grande importância para o monitoramento do estado do paciente e servindo de base para a tomada de decisões em relação ao andamento da sessão.
12. **De forma geral, o *exergame* apresentado cumpre os objetivos a que se propõe e é uma solução satisfatória.** Buscando fazer uma avaliação geral, esta assertiva foi também objeto de consenso entre os juízes. 68,8% dos respondentes concordaram fortemente, sendo que o restante também concordou. Toda a proposta está sintetizada nesta assertiva e encontra aqui respaldo por parte dos especialistas. É uma solução, na visão dos respondentes, satisfatória e que cumpre o que se propõe.

Em relação às questões abertas, tem-se uma quantidade menor de respostas, dado que foram colocadas como opcionais. Entre as funcionalidades a serem adicionadas estão a possibilidade de apresentar um recurso de pausa da atividade, a sugestão de adaptar a solução para ser realizada também com os membros superiores, além da inclusão de sensores e técnicas que pudessem monitorar a sensação de cansaço e fadiga nos membros inferiores.

No que se refere às limitações e restrições percebidas pelos especialistas, podem ser citadas a higienização e possibilidade de compartilhamento do cicloergômetro com vários pacientes, a conexão de *internet* como fator limitante, além de contextos específicos nos quais a utilização deste jogo seria considerada de risco, como em casos de cardiopatias graves. Neste caso, outros dados do paciente seriam necessários, devendo a avaliação ocorrer de forma mais específica e sendo necessária a presença física do profissional de saúde.

Outra questão importante é a indicação de para quais problemas de saúde, na visão dos respondentes, o *exergame* seria recomendado. As respostas foram diversas: 3 juízes apontaram que a solução contempla quaisquer problemas envolvendo reabilitação/telerreabilitação motora, 5 enfatizaram os problemas motores em conjunto com neurológicos (Acidentes Vasculares Cerebrais, por exemplo, que interferem na capacidade motora), 7 reforçaram os problemas respiratórios (pneumopatias leves/moderadas e reabilitação pulmonar de forma geral), 6 enfatizaram os problemas cardíacos (cardiopatias leves e moderadas); 2 ainda fizeram menção à reabilitação após períodos de longa internação em UTIs, 2 reforçaram a possibilidade de uso em casos de reabilitação pós-COVID-19 e 2 apontaram o uso em pacientes idosos.

De modo geral, o *exergame* foi bem avaliado pelos especialistas. Os pontos levantados nas assertivas foram objeto de consenso e as questões abertas levantaram elementos que podem suscitar melhorias no projeto.

5.3 Avaliação Delphi - Segunda Rodada: Planejamento

Para a realização da segunda rodada, consideraram-se os mesmos parâmetros da etapa anterior, no que diz respeito aos objetivos, necessidades e parâmetros (definição de consenso). A necessidade de uma segunda etapa surgiu por conta de pontos a serem validados a partir das discussões da equipe em relação aos resultados da primeira etapa. De maneira geral, as sugestões e problemáticas levantadas pelos juízes na primeira rodada de respostas e também a própria evolução das etapas do projeto trouxeram novas demandas.

Assim sendo, foi elaborado um novo questionário, para ser aplicado aos mesmos juízes, com o intuito de elucidar os seguintes pontos: ergonomia⁴ do paciente ao utilizar o cicloergômetro em conjunto com o jogo, a possibilidade de utilizá-lo também para o tratamento com os membros superiores (se seria necessária alguma adaptação específica), além da satisfatibilidade do *exergame* em relação à realização das sessões de telerreabilitação, dado que houve alguma (ainda que mínima) divergência em relação a esta questão. Diante da suspeita, por parte da equipe, de que a discordância poderia ter ocorrido por uma questão semântica relacionada ao emprego da palavra “suficiente” na questão que gerou divergência (que pode sugerir a exclusão/substituição do profissional de saúde), este termo foi alterado para “satisfatório”, que exprime de forma menos ambígua o que pretendeu-se desde o princípio. Foi elaborado, então, o seguinte questionário:

1. O *exergame* construído permite de forma satisfatória a realização de sessões de telerreabilitação - não dispensando a participação do fisioterapeuta (Escala Likert).
2. O paciente pode utilizar o *exergame* na posição de uso DEITADO. Neste caso, a tela está à sua frente (Escala Likert).
3. O paciente pode utilizar o *exergame* na posição de uso SENTADO. Neste caso, a tela está à sua frente (Escala Likert).
4. Você sugere alguma outra posição na qual o paciente pode realizar as sessões com o *exergame*?
5. O *exergame* pode ser utilizado também para os membros superiores, sem grandes adaptações (Escala Likert).
6. Algum comentário ou observação adicional?

A partir dessas novas definições, o questionário foi novamente enviado aos juízes (somente àqueles que participaram da primeira etapa). Dos 16 profissionais contatados da primeira vez, dois tiveram o contrato cancelado com a instituição e estavam, portanto, impossibilitados de responder à segunda etapa. Um novo prazo de 15 dias foi concedido para a resposta. Após este tempo, a equipe analisou os resultados.

5.4 Avaliação Delphi - Segunda Rodada: Resultados

A partir dos resultados da primeira etapa, coube à segunda abordar as questões que geraram alguma divergência entre os juízes, principalmente no referente à suficiência do *exergame* para a realização das sessões, além das sugestões dos especialistas. Dos 14 juízes contatados, um total de 9 atenderam ao convite e responderam ao questionário. Isso representa uma abstenção/desistência de aproximadamente 35,7%, que está dentro

⁴Para ilustrar as posições DEITADO e SENTADO, foi incluída no questionário a Figura 4.7.

dos padrões esperados pelo Método Delphi, que prevê desistências de até 50% entre as etapas [57].

O que se segue, portanto, é uma análise das respostas dadas pelos juízes, nos mesmos moldes da análise anterior. O gráfico da Figura 5.2 apresenta como as respostas fechadas (Escala Likert) estão distribuídas.

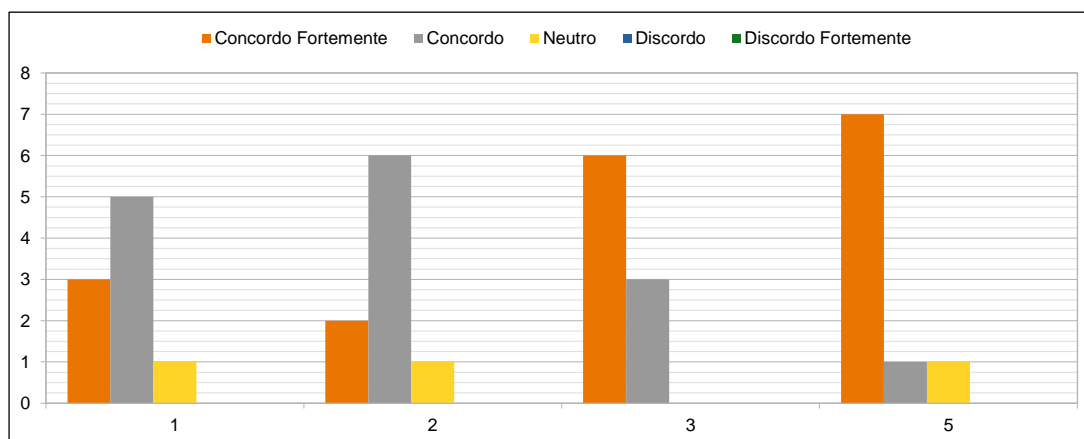


Figura 5.2: Distribuição das respostas às questões fechadas da segunda etapa.

A partir dessa visão geral, é possível analisar os resultados de cada questão em específico (novamente as porcentagens estão em valores aproximados):

1. **O *exergame* construído permite de forma satisfatória a realização de sessões de telerreabilitação - não dispensando a participação do fisioterapeuta.** Dado que esta questão foi construída por conta da investigação da causa da pequena divergência na questão 3 do questionário anterior, é plausível que haja uma comparação dos resultados. O percentual de concordância aumentou de 81,3% (na primeira etapa) para 88,8% (aumento percentual de 7,5%), sendo 33,3% de forte concordância e o restante (55,5%) também de concordância. Um juiz apresentou neutralidade, fato que também ocorreu anteriormente. Ao analisar-se a mudança ou manutenção da opinião de cada juiz entre as etapas, pôde-se perceber que 44,4% dos especialistas aumentaram um grau de concordância (migraram de “Concorde” para “Concorde Fortemente”, por exemplo), enquanto que 33,4% mantiveram sua opinião e dois juízes (22,2%) decresceram sua concordância em um grau. Dos dois juízes que apresentaram a discordância na primeira etapa, tem-se que um migrou sua posição para concordância, enquanto que o outro não respondeu ao questionário. Esta análise permite verificar que, em primeiro lugar, novamente é possível declarar consenso nesta questão e, em segundo lugar, que existe uma alta probabilidade de que a divergência gerada na primeira etapa tenha sido de natureza semântica (em relação

ao emprego da palavra “suficiente”) e não relacionada a algum aspecto do *exergame*. Dada a estabilidade nas respostas e as conclusões obtidas, este ponto pode ser declarado como validado e encerrado.

2. **O paciente pode utilizar o *exergame* na posição de uso DEITADO. Neste caso, a tela está à sua frente.** Com um percentual de concordância forte de 22,2% e concordância de 66,6% é possível perceber a formação de um consenso, ainda que um juiz tenha permanecido na neutralidade. Tem-se que o jogo desenvolvido pode ser uma solução para uso em pacientes que estejam deitados. Este é um ponto que atesta a versatilidade da solução apresentada.
3. **O paciente pode utilizar o *exergame* na posição de uso SENTADO. Neste caso, a tela está à sua frente.** A posição SENTADO obteve 100% de concordância, sendo que 6 especialistas concordaram fortemente e 3 concordaram. O *exergame* pode ser utilizado na posição de uso SENTADO, posição para a qual ele foi originalmente concebido. Esta questão foi aprovada de forma unânime.
4. **Você sugere alguma outra posição na qual o paciente pode realizar as sessões com o *exergame*?** Sendo uma questão aberta e opcional, foram poucas as respostas (somente duas). Foi sugerido por um juiz uma posição na qual o paciente, sentado, reclina-se à cadeira, que possui um apoio para as costas, como uma poltrona. Um segundo especialista propôs a suspensão do cicloergômetro em uma mesa para a realização de exercícios com os membros superiores. Também neste caso, o paciente posiciona-se sentado em uma cadeira, de frente para o aparelho. Estas respostas ampliam ainda mais o leque de possibilidades de uso para o jogo desenvolvido.
5. **O *exergame* pode ser utilizado também para os membros superiores, sem grandes adaptações.** Outra questão que foi avaliada positivamente pelos juízes. Enquanto que um posicionou-se de forma neutra, o restante distribuiu-se entre a forte concordância (77,7%) e a concordância (11,1%). O jogo desenvolvido pode ser utilizado nos membros superiores, na visão dos especialistas consultados. Existe, também neste ponto, a convergência estatística das respostas para a concordância e, portanto, há consenso.
6. **Algum comentário ou observação adicional?** Nesta última questão, apenas um especialista fez suas considerações. Ele afirma que as características de um jogo como este podem despertar dificuldades em pacientes idosos e muito debilitados, ou seja, não é indicado para todos os tipos de pacientes. Por outro lado, ele salienta que, em muitos casos, não é possível dispensar as sessões presenciais com o fisioterapeuta e que, também neste espaço, o jogo é bem-vindo para despertar uma maior motivação nos pacientes. Esta observação traz novamente à vista as limitações do *exergame*, embora reforce também o ponto positivo da promoção do engajamento/motivação a que o jogo se propõe.

Em resumo, o *exergame* foi novamente objeto de uma boa avaliação por parte dos juízes, fato que é corroborado pelo consenso obtido em todas as questões. Por outro lado, os comentários e observações nas questões abertas apontaram para a versatilidade da solução apresentada, ainda que em um contexto de limitações inerentes à sua natureza. Sem novos pontos em aberto, a realização desta segunda etapa marcou o fim da fase de Avaliação Delphi.

5.5 Experimento de PX: Planejamento e Protocolo

Para a realização dos testes de PX, optou-se por, realizando-se um experimento, testar a ferramenta com voluntários que fizeram uso do jogo e puderam, a partir de suas impressões e experiências, fornecer uma avaliação que pudesse indicar, de maneira especial, se o jogo apresenta boa jogabilidade e potencial para engajar o usuário na atividade.

Para tanto, foi organizado um ambiente controlado para que o voluntário fizesse uso do jogo. Foram montados dois *setups*: um para o voluntário, que jogaria por meio do cicloergômetro (com os sensores acoplados) e do controle adicional (mostrado na Figura 5.3) e o outro (mais simples, somente com um computador) para a equipe de pesquisa, que desempenharia a função de “monitor da atividade”, ocupando o lugar que seria, no cenário real, do profissional de saúde sem, no entanto, atuar como um, simplesmente monitorando o exercício e sanando eventuais dúvidas por parte do voluntário quanto ao funcionamento do jogo. Além disso, foi instalada uma câmera para gravar a sessão realizada, para análise juntamente com os questionários.

Em relação ao protocolo escolhido para o experimento, foi pensado um roteiro que comportou os seguintes passos:

ANTES DO INÍCIO DA SESSÃO

1. Receber o voluntário no ambiente preparado, explicar resumidamente a ideia do projeto e agradecer pela participação na pesquisa. Deixar claro que o que está sendo avaliado é o sistema e não o paciente. Por isso, não existem respostas “corretas” nos questionários aplicados.
2. Leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) - Disponível na íntegra no Apêndice A. São sanadas eventuais dúvidas em relação ao termo.
3. Preenchimento do Questionário Inicial (Q1), elaborado com a finalidade de perceber a proximidade do voluntário com o uso de computadores e com os jogos digitais (também disponível na íntegra no Apêndice A). Tanto este quanto o Questionário Final (Q2) foram elaborados tendo por base o trabalho de Costa [48, 47].



Figura 5.3: Ambiente montado para os voluntários.

4. Explicar como será realizada a sessão: o tempo de utilização do jogo será de cinco minutos (é o tempo médio utilizado por outros trabalhos da área [46, 110, 121]), tempo suficiente para o estabelecimento do engajamento, mas insuficiente para trazer qualquer fadiga que impeça o voluntário de querer continuar a experiência. Em relação à velocidade exigida do paciente, pensou-se, a partir de diálogos com dois fisioterapeutas, que a velocidade “média” seria a ideal, para evitar a incorrência em lesões ou fadiga excessiva.
5. Acomodar o voluntário em seu espaço e acompanhá-lo na etapa de configuração do jogo. Explicar que, caso tenha dúvida, pode consultar os membros da equipe. Quando tudo estiver organizado e configurado, inicia-se a gravação e sinaliza-se o início da sessão.

DURANTE A SESSÃO

6. A equipe de pesquisa acompanha o voluntário no processo, a partir da interface do fisioterapeuta. Caso tenha dúvidas, ele pode fazer perguntas e será auxiliado. A sessão é gravada por vídeo.

APÓS O TÉRMINO DA SESSÃO

7. A equipe de pesquisa pergunta como foi a experiência e agradece ao voluntário pela disponibilidade.

8. Preenchimento do Questionário Final (Q2), elaborado com o intuito de verificar as impressões do voluntário em relação ao uso do *exergame* (também disponível na íntegra no Apêndice A).
9. A equipe reitera que os dados são confidenciais e utilizados somente para fins de pesquisa. Esclarece que o trabalho será publicado em artigos e em uma dissertação de mestrado, que o voluntário poderá ter acesso, caso deseje.

Tendo por base este protocolo, foram convidados doze (12) voluntários para que o experimento fosse realizado. Dada a amplitude de aplicações do *exergame* desenvolvido, foram convidadas pessoas de diversas faixas etárias e escolaridades. Não foi colocada nenhuma restrição quanto à familiaridade com jogos ou tecnologias, embora isso seja abordado no questionário inicial e seja também importante para a análise dos resultados. Os testes foram realizados entre os dias 01 e 24 de novembro de 2021. A Figura 5.4 mostra imagens de alguns momentos das sessões, que permitiram verificar, na prática, como se comportaram os elementos de jogos na promoção do engajamento.

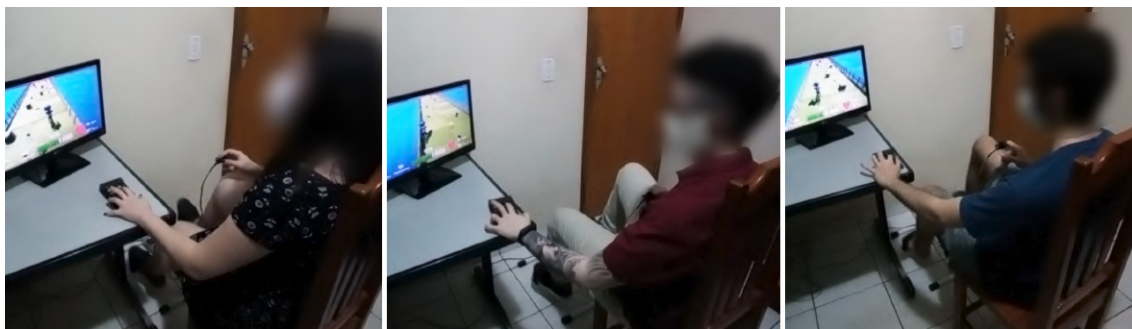


Figura 5.4: Realização do experimento.

Após o término da fase de realização das sessões e da coleta de dados, seguiu-se a análise e a síntese dessas informações, que permitiram alcançar os resultados desta pesquisa, em conjunto com os outros procedimentos de avaliação realizados anteriormente. Para este momento, foi necessário, em primeiro lugar, proceder a tabulação das respostas dos questionários (bem como uma primeira análise estatística) e a compilação das gravações realizadas. Posteriormente, a equipe de pesquisa comparou o desempenho do voluntário expresso por meios não-verbais nas gravações da sessão com os questionários, visando identificar correlações que permitam responder se, de fato, o voluntário teve uma experiência de jogador positiva. Procurou-se elucidar, dentre outras questões (baseando-se livremente nos experimentos realizados por Costa [48] e suas observações relatadas):

- A experiência relatada no questionário foi positiva? A gravação corrobora estas informações? Existem contradições entre o que é relatado nos questionários e o que está registrado em vídeo?

- O voluntário relatou alguma dificuldade no questionário final? Demonstrou algum desconforto ou dificuldade nas gravações? Essa dificuldade está relatada no questionário também (ou seja, foi percebida conscientemente)?
- Esta dificuldade pode estar relacionada com alguma questão sobre seu perfil (questionário inicial)? Se a última resposta é “não”, qual funcionalidade do jogo ou questão sobre a solução foi objeto da dificuldade/desconforto?
- Este ponto negativo foi percebido e relatado no questionário final?

A partir de uma análise aprofundada que teve em vista estes apontamentos, foi possível obter resultados que levaram às conclusões a serem discutidas a seguir.

5.6 Experimento de PX: Resultados

Tendo sido concluído o experimento com os voluntários, a realização de análises observacionais das gravações das sessões e estatísticas dos questionários, foi possível, a partir dos procedimentos elencados na metodologia dos testes de Experiência de Jogador, verificar a jogabilidade de uma forma geral e, especificamente, a geração de engajamento nos voluntários. Para a análise, foram adotadas as métricas e questionamentos já expostos anteriormente.

Em relação ao perfil dos voluntários (obtido a partir das respostas ao Questionário Inicial⁵), têm-se os gráficos mostrados na Figura 5.5. A faixa etária dos participantes oscila dos 15 aos 63 anos, sendo a maior parte pertencente à faixa dos 20 aos 25 anos (6 pessoas – 50%). O restante distribuiu-se entre a faixa dos 15 aos 19 anos (3 voluntários – 25%) e ainda registrou-se a presença de três pessoas com 32, 49 e 63 anos, respectivamente. Observa-se, portanto, uma ampla faixa de idades, ainda que um grupo mais denso esteja concentrado em um intervalo específico.

Quanto à escolaridade, o grupo distribui-se da seguinte forma: quatro voluntários com Ensino Superior Completo (33%, aproximadamente), três com Ensino Superior Incompleto (25%), um com Ensino Médio Completo e três com Ensino Médio Incompleto (25%). Por fim, um voluntário ainda está cursando o Ensino Fundamental. Assim como no caso das faixas etárias, observa-se também neste quesito variações que apontam para uma diversidade considerável. Um grupo diverso como este permite uma avaliação mais detalhada no que se refere à identificação de correlações entre a experiência observada e relatada, a faixa etária e a escolaridade, ajudando a observar possíveis públicos para os quais a solução demonstra-se mais efetiva.

Ainda sobre o perfil dos participantes, as questões do Questionário Inicial buscaram revelar a proximidade do respondente com o uso de computadores e com jogos.

⁵Os questionários inicial e final se encontram integralmente dispostos no Apêndice A.

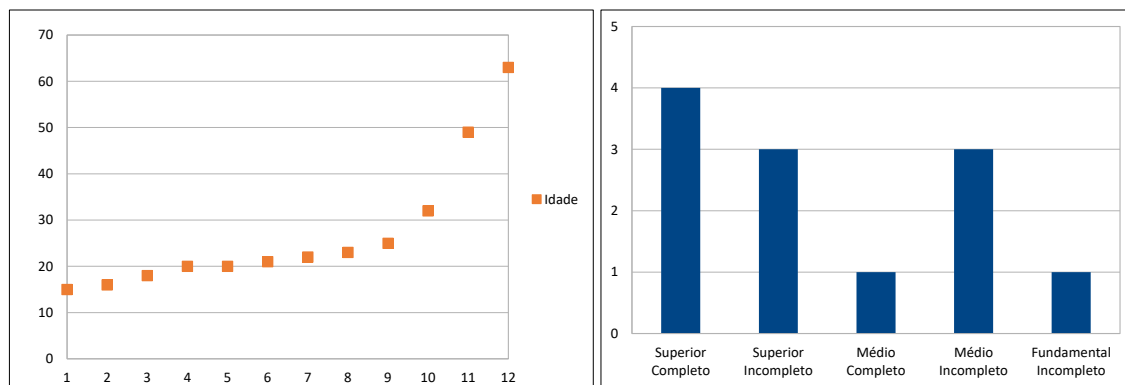


Figura 5.5: Distribuição das idades e graus de escolaridade dos voluntários.

A tabulação das respostas pode ser visualizada na Tabela 5.1. As respostas às questões 1 e 2 revelam que os computadores estão presentes no dia-a-dia de ao menos 9 (75%) voluntários, que responderam “Concordo Fortemente” e de mais 2 (aproximadamente 16,6%), que responderam “Concordo” à primeira questão. Um voluntário permaneceu neutro. Além do mais, a maioria afirma ter facilidade com o uso, representando cerca de 91,6% do total (6 respostas “Concordo Fortemente” e 5 respostas “Concordo”). Novamente, um respondente manifestou neutralidade.

As duas últimas questões deste primeiro formulário visam identificar, respectivamente, a familiaridade e a afinidade do respondente em relação aos jogos digitais (em *smartphones* ou computadores). Diferentemente das primeiras questões, a diversidade de respostas foi maior e permitiu, novamente, constatar a heterogeneidade do grupo de voluntários. Oito dos respondentes (4 respostas “Concordo Fortemente” e 4 respostas “Concordo”) afirmaram ter o hábito de jogar em algum dispositivo, o que representa cerca de 66,7% das respostas. Entretanto, um voluntário discordou e três (25%) manifestaram neutralidade. A última questão (afinidade com os jogos) resultou também em divergência de opiniões, ainda que a maioria expressiva do grupo tenha assentido positivamente (4 respostas “Concordo Fortemente” e 3 respostas “Concordo”), representando cerca de 58,4% do total. As quatro manifestações de neutralidade e a discordância forte (do mesmo voluntário que discordou fortemente também da assertiva anterior) indicam que o gosto por jogos não é unanimidade no grupo que foi submetido ao uso do *exergame*.

A partir da realização das sessões e das gravações foi possível observar e analisar o desempenho dos participantes no sentido da Experiência de Jogador, isto é, verificar sua interação com o jogo. De maneira geral, o grupo apresentou bom entendimento das funcionalidades, e, embora apresentassem estranheza ao serem apresentados ao jogo (principalmente pela ideia de utilizar o cicloergômetro, utilizar os sensores e manipular o controle ao mesmo tempo, enquanto olhava-se para a tela), logo nos primeiros segundos foi verificada uma familiarização positiva com todas as tarefas necessárias. O objetivo do

Tabela 5.1: Distribuição das respostas ao Questionário Inicial (Q1).

	Concordo Fortemente	Concordo	Neutro	Discordo	Discordo Fortemente
Q.1: uso de computadores	9	2	1		
Q.2: facilidade com computadores	6	5	1		
Q.3: hábito de jogar	4	4	3		1
Q.4: gosto por jogos	4	3	4		1

jogo não trouxe nenhuma dificuldade ao ser explicado em nenhuma das doze sessões.

Durante a atividade, foi possível observar uma forte conexão visual com o jogo e a diminuição da atenção aos estímulos externos (atender ao celular ou responder a um comentário feito, por exemplo). Ademais, a partir de comentários durante a realização do experimento foi possível notar nos voluntários o estabelecimento de um senso de competitividade (principalmente em voluntários que vieram acompanhados de outros para realizarem os testes e queriam ter um placar de moedas melhor do que aquele que fez o teste anteriormente) e sensação alterada de tempo (a maioria dos voluntários se assustou com o término da sessão).

Outro ponto considerado relevante a partir das observações é o fato de que a constância nas pedaladas foi obtida quase que inconscientemente, fato que pode ser observado ao serem analisados o ritmo das pedaladas e também a partir de comentários, nos quais foi afirmado que o usuário “se esquece de pedalar”, ou seja, atinge a constância sem estar voluntariamente concentrado nesta atividade. Isso corrobora a ideia da geração do engajamento e também contribui de forma direta para a realização da terapia, que depende da constância nas pedaladas, fator que dificulta a reabilitação.

Entretanto, em três sessões houve dificuldades pontuais no manuseio do controle e na utilização do cicloergômetro, havendo a necessidade de intervenção direta e presencial do monitor, que precisou deixar seu ambiente e atender o voluntário para que a atividade pudesse ser continuada. Isso sugere a necessidade de mais tempo para que sejam explicados para o usuário o jogo e seus comandos/instruções, além do manuseio e configuração do controle e do cicloergômetro, dado que, para alguns, a breve explicação antes do início da sessão demonstrou ser insuficiente.

Além dos dados oriundos da observação dos testes, o Questionário Final (Q2) visou registrar as impressões dos voluntários acerca da sua experiência com o jogo. A distribuição das respostas às questões fechadas pode ser visualizada nos gráficos da Figura 5.6, onde as primeiras nove questões estão dispostas no primeiro gráfico, enquanto que o gráfico com as respostas da última questão fechada (que não é numerada e possui uma

escala com termos diferentes) foi disposto ao lado.

De maneira geral, os voluntários perceberam positivamente sua experiência com o *exergame* desenvolvido. Ninguém afirmou ter jogado algum jogo similar ao apresentado. As questões 7 e 8 (“Eu gostaria de continuar jogando por mais tempo” e “Eu gostaria de jogar uma próxima vez”), elaboradas com o objetivo de verificar o grau de engajamento do respondente com o jogo, obtiveram 100% de forte concordância. Nenhum dos voluntários manifestou concordância ou neutralidade na assertiva contida na questão 9 (“Eu não gostaria de jogar novamente”). A experiência foi considerada satisfatória (última questão) por todos os voluntários, sendo que nove deles (cerca de 75%) consideraram “Muito Satisfatória” e três (cerca de 25%) consideraram “Satisfatória”.

Em relação às demais questões fechadas (1 a 6), tem-se o seguinte:

- **Questão 1: O jogo é muito frustrante, irritante ou entediante.** O contexto é de discordância, no qual nove voluntários (75%) discordaram fortemente, enquanto que três discordaram (25%).
- **Questão 2: O jogo é divertido.** O cenário aqui se inverte: oito voluntários (cerca de 66,7%) concordaram fortemente, enquanto que quatro manifestaram concordância (cerca de 33,3%).
- **Questão 3: As regras do jogo são fáceis de se compreender.** Apenas um voluntário apresentou concordância, sendo que todo o restante manifestou concordar fortemente com a assertiva, o que indica que as regras e os objetivos estão bem definidos para os jogadores.
- **Questão 4: O jogo é confuso.** Novamente a tendência foi de discordância: um voluntário discordou e o restante, cerca de 91,7% do total discordou fortemente. Com regras e objetivos facilmente compreensíveis, o jogo não gerou confusão.
- **Questão 5: O controle utilizado é confortável e combina bem com o jogo.** Ainda que não haja nenhuma discordância ou manifestação de neutralidade nos resultados desta questão, é visível que houve um menor índice de concordância forte frente à questão 3, que dispõe sobre as regras do *exergame*. As duas questões avaliam aspectos específicos e “práticos” do jogo (juntamente com a questão 6), enquanto que as outras apresentam assertivas gerais. Essa diminuição se deve, provavelmente, às dificuldades que alguns dos voluntários apresentaram na manipulação do instrumento, sendo, inclusive, motivo de uma intervenção presencial do monitor na atividade. Ainda assim, isso não foi tido como fator dificultador, dado que 8 voluntários concordaram fortemente, representando 66,7% do total, enquanto que os outros 4 voluntários concordaram com a assertiva.
- **Questão 6: Consegui utilizar o cicloergômetro, o controle e os sensores com facilidade.** O cenário de concordância (75% de concordância forte e 25% de concordância) permite concluir que os dispositivos e a ergonomia não proporcionaram

desconforto ou dificuldades no uso, ainda que, durante a sessão de um voluntário, foi necessário intervir presencialmente na atividade, fazendo um ajuste de carga no cicloergômetro. O voluntário não teve isso como um fator dificultador de sua experiência, dado que ele manifestou forte concordância com a assertiva.

Além das questões fechadas, foi pedido aos respondentes que elencassem, caso sentissem necessidade, os pontos positivos e negativos do *exergame* que acabaram de experimentar. Ao fim, uma última questão abriu espaço para possíveis sugestões.

Dentre os pontos positivos, é possível citar: boa jogabilidade e *design* (gráficos); o jogo é motivador, divertido e entretém o jogador, possibilita o foco e prende a atenção, além de ser uma possibilidade para exercícios tanto físicos quanto mentais; o paciente se esquece de que está pedalando, fazendo com que a atividade deixe de ser cansativa; os controles são pontos positivos; não se percebe o tempo passar ao ser realizada a atividade; as recompensas deixam o jogo mais atrativo e estimulante; fácil uso; e, por fim, a integração das pedaladas com o personagem que se desloca deixa a atividade mais imersiva.

Quanto aos pontos negativos, foi elencado: a relação esforço do voluntário no cicloergômetro e o resultado nas pedaladas do personagem poderia ser melhor calibrada (foi relatado por dois voluntários); nas curvas, a rotação automática foi considerada exagerada por um voluntário que, ao jogar, sugeriu que pudesse ser menos expressiva e completada com o controle. Por fim, dentre as sugestões, a principal envolve a inclusão de mais níveis (mapas) e novos personagens.

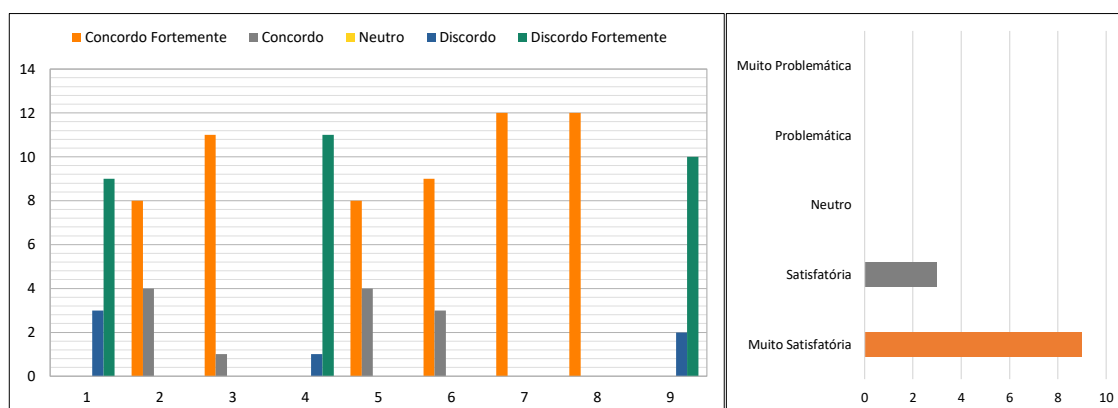


Figura 5.6: Respostas às questões fechadas do Questionário Final (Q2).

A partir dessas observações gerais, a Tabela 5.2 apresenta uma visão sintética acerca das respostas de cada participante, bem como aquilo que pôde ser observado durante a realização das sessões.

Ainda em termos de comentários gerais acerca das correlações a serem estabelecidas entre as informações do Questionário Inicial e os problemas/dificuldades na realiza-

ção dos testes (que são expressos, neste conjunto de dados específico, principalmente nas dificuldades observadas e no levantamento de pontos negativos, dado que todos avaliaram a experiência positivamente), é possível tecer, a seguir, algumas observações.

Em primeiro lugar, não é possível estabelecer relação entre o grau de escolaridade dos participantes e seu desempenho na atividade. As dificuldades ocorreram tanto com indivíduos que apresentam Ensino Superior completo, incompleto e Ensino Médio incompleto. Portanto, o estudo é inconclusivo, a partir deste experimento, no sentido de estabelecer tal correlação.

No que se diz respeito à relação entre a faixa etária e a possibilidade de se fazer uma melhor experiência com o *exergame*, é possível apresentar algumas colocações. Das três ocorrências de dificuldades que necessitaram de intervenção, duas aconteceram com os voluntários de maior idade (63 e 49 anos). Entretanto, outros três voluntários de 18, 20 e 22 anos apresentaram pontos negativos sobre a sua experiência, ainda que todos os participantes tenham manifestado pretender continuar jogando ou participar de próximas sessões com o jogo. Dessa forma, ainda que os dados sejam também inconclusivos para o estabelecimento de uma correlação direta entre a faixa etária e a não ocorrência de dificuldades durante as sessões, os resultados apontam para a necessidade de uma etapa de instruções prévias mais alongada, fato que extingiria muitas das dificuldades observadas e também anotadas como pontos negativos.

Por fim, é oportuno verificar o desempenho dos voluntários que manifestaram neutralidade ou discordância em relação ao gosto por jogos e hábito de jogar em algum dispositivo (voluntários 3, 7, 9, 11 e 12). Três deles (maioria) apresentaram dificuldades na utilização do jogo, ainda que tenham desenvolvido um bom ritmo durante a atividade. O fato de não possuírem familiaridade com o universo dos jogos pode ser um motivo que explica os problemas observados, como no manuseio do controle auxiliar. Novamente, estes resultados apontam para uma preocupação maior em realizar uma explicação mais detalhada sobre o funcionamento do jogo. Porém, apesar dessa situação, todos avaliaram positivamente o *exergame*, fator importante para reforçar a sua aplicabilidade.

A partir dessa análise, conclui-se que os resultados foram, de maneira geral, positivos, demonstrando a eficácia do jogo em relação à Experiência de Jogador e, de forma mais específica, ao engajamento despertado nos participantes.

5.7 Síntese

Tendo por base os processos de avaliação e testagem expostos neste capítulo, é possível estabelecer conclusões acerca da validade da hipótese de pesquisa discutida neste trabalho. Para tal, os diversos resultados obtidos precisam ser conjugados, haja vista sua complementaridade.

Em primeiro lugar, as duas rodadas de Avaliação Delphi, além de validarem aspectos específicos e práticos do *exergame* desenvolvido (protótipo), trazem segurança em relação à afirmação de que ele é eficaz, ou seja, é um suporte e/ou alternativa para os processos de telerreabilitação. Por outro lado, indicam já o potencial engajador do jogo (questões 1, 7, 8 e 12 da primeira etapa) e apontam para a validade da hipótese.

De forma complementar, a realização do experimento envolvendo a Experiência de Jogador permitiu observar, na prática, grande parte dos conceitos já validados e a experiência dos voluntários ao entrarem em contato direto com o *exergame*. A análise dos dados decorrentes desta etapa apontou para uma avaliação positiva do jogo, sendo, portanto, visto como uma ferramenta lúdica e engajadora.

Ambos os processos apontam melhorias e sugestões que engrandecem a proposta deste trabalho. A oportunidade de receber a avaliação de 16 especialistas atuantes na área de Fisioterapia e as experiências de 12 participantes que se propuseram a testar o *exergame* é dado a ser tido em consideração por sua importância neste contexto.

Em suma, a junção dos resultados das duas etapas de Avaliação Delphi e do experimento de Experiência de Jogador permitem concluir que o protótipo é um *exergame* distribuído eficaz como suporte e/ou alternativa engajadora para a telerreabilitação de pacientes que, em seus procedimentos de terapia, utilizam o cicloergômetro como aparelho. Está validada, portanto, a hipótese de pesquisa a partir da avaliação do protótipo, objetivo geral deste trabalho.

Tabela 5.2: Síntese das respostas aos questionários e da observação da atividade.

	Questionário Inicial (Q1)	Desempenho (Observação)	Questionário Final (Q2)
Vol. 1	20 anos – Superior incompleto. Utiliza/tem facilidade com computadores. Gosta de jogos e tem o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “satisfatória”. Mencionou a necessidade de se calibrar melhor a relação esforço x resultado no jogo.
Vol. 2	15 anos – Fundamental incompleto. Utiliza/tem facilidade com computadores. Gosta de jogos e tem o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “satisfatória”.
Vol. 3	63 anos – Superior completo. Utiliza/tem facilidade com computadores. É neutro em relação ao gosto por jogos, mas tem o hábito de jogar em algum dispositivo.	Apresentou um bom ritmo durante a sessão. Entretanto, foi necessário intervir. No início, teve dificuldade em se manter nas barras de limites de velocidade.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “muito satisfatória”. Como pontos positivos, destacou a diversão do jogo, que possibilita o exercício físico e mental, além de exercitar a capacidade de foco.
Vol. 4	18 anos – Médio incompleto. Utiliza/tem facilidade com computadores. Gosta de jogos e tem o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “muito satisfatória”. Mencionou como ponto negativo a sincronização do aparelho com o jogo (no mesmo sentido do voluntário 1).
Vol. 5	16 anos – Médio incompleto. Utiliza/tem facilidade com computadores. Gosta de jogos e tem o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “muito satisfatória”. afirmou que o jogo “apresenta uma forma única de entretenimento”.
Vol. 6	20 anos – Superior incompleto. Utiliza/tem facilidade com computadores. Gosta de jogos e tem o hábito de jogar em algum dispositivo.	Apesar do bom ritmo durante a maior parte da atividade, apresentou dificuldades em manter-se nos limites de velocidade em alguns momentos. Além disso, demorou para desviar de um dos obstáculos.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “muito satisfatória”. afirmou que é “muito interessante a ponto de nos esquecermos de que estamos pedalando e o exercício deixar de ser cansativo”.
Vol. 7	49 anos – Médio incompleto. Ainda que utilize computadores, manifestou neutralidade em relação à facilidade com o uso. Não gosta de jogos e não possui o hábito de jogar em algum dispositivo.	Demonstrou dificuldade em manter-se dentro dos limites de velocidade, ultrapassando-os com frequência. Colidiu com muitos obstáculos e precisou de intervenções do monitor para desvencilhar-se de alguns deles e prosseguir a atividade.	Embora tenha avaliado positivamente o <i>exergame</i> e que a experiência foi tida como “muito satisfatória”, diminuiu um grau de concordância na Questão 6 (sobre o cicloergômetro, controle e sensores), em relação às outras questões que avaliam positivamente o jogo.
Vol. 8	25 anos – Superior completo. Utiliza/tem facilidade com computadores. Gosta de jogos e tem o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “muito satisfatória”. Destacou como pontos positivos o uso de recompensas (moedas e objeto bônus), o fácil uso e atribuiu os adjetivos “atraente” e “estimulante” em sua avaliação.
Vol. 9	21 anos – Superior incompleto. Utiliza/tem facilidade com computadores. Manifestou neutralidade em relação ao gosto por jogos e ter o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo. Foi necessária uma intervenção no início, para auxílio no ajuste de carga do cicloergômetro.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “muito satisfatória”. Como pontos positivos, declarou: “Gostaria de destacar a praticidade diante do jogo. Além disso, os gráficos tornam a experiência muito agradável e divertida.”
Vol. 10	22 anos – Superior completo. Utiliza/tem facilidade com computadores. Gosta de jogos e tem o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “muito satisfatória”. Entretanto, apontou como ponto negativo a execução automática das curvas, que poderia ter uma angulação menor, para que o movimento fosse menos acentuado, dado que, em alguns momentos, o personagem fica rotacionado fora do eixo da pista, colidindo com a cerca.
Vol. 11	23 anos – Superior completo. Utiliza/tem facilidade com computadores. Manifestou neutralidade em relação ao gosto por jogos e ter o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “satisfatória”. “Uma maneira lúdica e divertida para desenvolver a fisioterapia”, afirmou ao elencar os pontos positivos.
Vol. 12	32 anos – Médio completo. Apesar de ter facilidade com computadores, manifestou neutralidade na utilização destes em seu dia-a-dia. Essa resposta se repetiu sobre o gosto por jogos e o hábito de jogar em algum dispositivo.	Não apresentou dificuldades aparentes e manteve um bom ritmo durante o jogo.	Avaliou positivamente o <i>exergame</i> . A experiência foi tida como “muito satisfatória”. Nas suas palavras, o jogo é “divertido e motivador”.

Conclusão

Este capítulo apresenta as considerações finais acerca do projeto, suas principais contribuições e limitações, bem como uma lista que relaciona as produções originadas até então e uma discussão sobre os trabalhos futuros.

6.1 Considerações Finais

O presente projeto expõe, tendo por base estudos preliminares e a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura, a hipótese de que um *exergame* distribuído pode ser eficaz em auxiliar, como alternativa engajadora, no processo de telerreabilitação de pacientes que, para realizarem as atividades, fazem uso do cicloergômetro como equipamento. Pensando-se nas diversas dificuldades encontradas atualmente para a realização das sessões de terapia, a telerreabilitação desponta como uma alternativa e a presente solução, que traz uma abordagem baseada em jogos, pretende fazer com que as sessões sejam mais engajadoras e motivadoras.

Para a validação dessa hipótese de trabalho, um protótipo foi construído e sua avaliação, considerada ponto-chave para cumprir este objetivo, ocorreu a partir do processo de Avaliação Delphi (realizada em duas etapas com 16 especialistas do Hospital das Clínicas - HC/UFG) e da realização de um experimento que visou verificar a Experiência de Jogador em 12 voluntários. A análise e conjugação dos resultados possibilitou concluir a validade da hipótese levantada.

As principais contribuições deste projeto encontram-se estritamente relacionadas com os objetivos propostos (tanto o objetivo geral – a hipótese de pesquisa que fora validada – quanto os objetivos específicos), que foram cumpridos. O próprio conjunto do projeto – dado o seu contexto, nuances e especificidades – contribui de forma efetiva para o cenário da Computação aplicada à Saúde e da construção de Sistemas de Computação. Os principais pontos podem ser resumidos da seguinte forma:

- A realização da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) permitiu explorar projetos de jogos digitais existentes no contexto das atividades de fisioterapia que visam

engajar o paciente, trazendo uma compreensão sobre a área, sendo esta uma contribuição direta.

- Também por meio da RSL foi possível verificar a relação existente entre os elementos de jogos e a geração de engajamento, sendo base para as modificações/ampliações do *exergame*, inserção de mecânicas e funcionalidades, com o objetivo de intensificar este engajamento no jogador/paciente. Este fato contribui tanto para a investigação acerca desta ligação (engajamento – elementos de jogos) quanto para os próprios processos de implementação e para o enfrentamento das dificuldades que surgiram, principalmente oriundas da própria natureza do problema.
- As adaptações realizadas no cicloergômetro e a inserção de um controle auxiliar aprimoraram a interação entre o paciente e o *exergame*, fato que foi amplamente validado pelas respostas tanto dos especialistas quanto dos voluntários. Estes aprimoramentos contribuem para os estudos acerca da interação jogador–jogo em contextos de uso de aparelhos médicos e similares.
- A construção do protótipo (*exergame* distribuído), envolvendo também conceitos de jogos *multiplayer* e sistemas de tempo real, bem como os procedimentos de avaliação (Avaliação Delphi e experimento de Experiência de Jogador) são contribuições diretas desta pesquisa. A solução, como um todo (considerando-se também o seu processo de criação, estudos preliminares e avaliação), traz contribuições não somente para a Computação, mas também para o estreitamento da relação dialética entre Computação e Saúde, principalmente no contexto dos problemas relacionados à telerreabilitação.

Observa-se algumas limitações neste trabalho. A primeira relaciona-se com a questão de que o artefato desenvolvido é um protótipo e, portanto, não apresenta a robustez e a desenvoltura de um “produto final”, que possa ser utilizado diretamente por pacientes. Os sensores envolvidos não possuem a precisão necessária aos equipamentos médicos, dado também o cenário de prototipação. O *exergame* necessita ainda de ampliações (mais níveis e personagens, por exemplo), para que possa ser utilizado a longo prazo.

Outras limitações se estabelecem a partir da natureza da própria solução ou das consequências de se abordar a telerreabilitação, tendo sido comentadas pelos especialistas no processo de Avaliação Delphi, dentre as quais pode-se citar: a conexão de *internet*, riscos de uso com pacientes gravemente acometidos de determinados tipos de patologias (como as cardiopatias), que necessitam que o profissional de saúde esteja presencialmente com ele (nestes casos a solução apresentada não é recomendada, segundo os especialistas).

Existem ainda fatores limitantes associados a pontos em aberto na pesquisa. É preciso aprofundar a investigação sobre a existência de um possível público-alvo mais

adequado (em termos de faixas etárias), bem como determinar as diferenças e demandas específicas de cada faixa. Um processo (que não foi realizado) maior de avaliação com pacientes que estejam enfrentando o tratamento pode trazer conclusões a este respeito.

Por fim, espera-se, com este projeto, impactar a vida de indivíduos que apresentem dificuldades relacionadas ao acesso e ao engajamento na terapia. Nas atuais circunstâncias, este trabalho sugere uma alternativa para o alcance aos atendimentos e às sessões de reabilitação, aumentando a qualidade de vida dos pacientes. Por outro lado, a possibilidade de realizar essas atividades a partir de jogos pode ser um fator de impacto na qualidade dos resultados obtidos no tratamento, sendo as sessões mais divertidas e menos enfadonhas ou repetitivas. Deseja-se que as implicações sejam significativas. Assim sendo, espera-se ainda que esta solução tenha ajudado a abrir caminhos e possibilidades para o cenário da telerreabilitação, ainda tão recente na realidade do Brasil.

6.2 Produções

Podem ser elencadas como produções originadas deste projeto:

- A publicação e apresentação de artigo completo nos anais do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital - SBGAMES 2021 [160]. Esse trabalho foi premiado, recebendo o 1º lugar na trilha de Jogos em Saúde do Simpósio. Tal fato foi também reconhecido e celebrado pelo Instituto de Informática (INF-UFG) e pela Universidade Federal de Goiás, a qual concedeu aos autores o Certificado de Reconhecimento do Conselho Universitário (CONSUNI).
- A publicação e apresentação de artigo nos anais do LIQUE 2021: *Life Improvement in Quality by Ubiquitous Experiences Workshop*, realizado em conjunto com o IMX 2021: *ACM International Conference on Interactive Media Experiences* [157].
- A publicação e apresentação da Revisão Sistemática da Literatura como artigo completo nos anais do XXI Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS 2021) [159].
- A publicação e apresentação de artigo completo nos anais do XX Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde - SBCAS 2020 [158].
- A realização de plano de trabalho de Iniciação à Pesquisa (IC-PIBIC), junto ao Instituto de Informática (INF-UFG), sob o título: *Exergame para a Telerreabilitação de Pacientes em Tempos de Pandemia*, para o qual foi concedida bolsa (CNPq). O aluno de graduação Daniel Machado de Oliveira realizou a pesquisa entre os anos de 2020 e 2021, tendo seu relatório final aprovado.
- A realização de plano de trabalho de Iniciação à Pesquisa (IC-PIBIC), junto ao Instituto de Informática (INF-UFG), sob o título: *Avaliação de um Exergame para*

a *Telerreabilitação de Pacientes*, para o qual foi concedida bolsa (CNPq). A aluna de graduação Daniela Fernandes do Nascimento está realizando a pesquisa, que se desenvolverá entre os anos de 2021 e 2022.

6.3 Trabalhos Futuros

Muitas são as possibilidades para a continuidade desta pesquisa. Em primeiro lugar está a realização de outros processos de avaliação, que visam completar a compreensão acerca do impacto da solução desenvolvida no cenário real, com pacientes que se encontram submetidos à fisioterapia com o cicloergômetro.

Neste sentido, a realização de uma etapa de testes de Experiência de Jogador com os pacientes de uma unidade hospitalar (a curto prazo) ou ainda a realização de um estudo clínico de intervenção (longo prazo) com análises mais profundas (custo–efetividade em relação à terapia tradicional, por exemplo, ou detectar possíveis “efeitos colaterais” do uso do jogo) é uma possibilidade a ser explorada. Por outro lado, um estudo comparativo com outras soluções disponíveis (aquelas apresentadas como trabalhos relacionados, por exemplo) pode avaliar a eficiência do *exergame* no contexto de jogos utilizados em reabilitação funcional.

Outra frente de continuidade está no desenvolvimento de novas funcionalidades para o protótipo apresentado neste trabalho. A criação de outros mapas e personagens, bem como a possibilidade de personalização do avatar (cor de pele e gênero, principalmente) são demandas que precisam ser tidas em consideração ao se fazer o processo de transformação deste *exergame* em um produto que será, de fato, utilizado por pacientes. Um estudo pode ainda verificar, na prática, a adaptabilidade dos dispositivos de *hardware* em outros modelos de bicicletas ergométricas que utilizem um sistema similar de contagem de pedaladas (utilizando um sensor magnético), contribuindo para a amplitude de aplicações desta solução.

Ademais, a implementação de funcionalidades como a chance de se pausar a atividade e a possibilidade de integrar os resultados da sessão (gráficos gerados) de forma automática ao prontuário do paciente são recursos que serão proveitosos para a praticidade e o bom andamento das sessões (este último envolve uma série de questões relacionadas à Lei Geral de Proteção de Dados que deve ser objeto de estudo preliminar). Por fim, a migração para o ambiente *mobile* é um desafio e melhoria que facilitará o acesso ao jogo.

Em suma, este trabalho se encerra abrindo diversas portas. Neste horizonte, é certo que dar segmento ao trabalho significa avançar no objetivo de impactar positivamente a vida de pacientes que, por diversas dificuldades, encontram na reabilitação um empecilho ou obstáculo.

Referências Bibliográficas

- [1] AFYOUNI, I.; EINEA, A.; MURAD, A. **Rehabot: Gamified virtual assistants towards adaptive telerehabilitation**. In: *Adjunct Publication of the 27th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization, UMAP'19 Adjunct*, p. 21–26, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [2] AGRES, K.; HERREMANS, D. **Music and motion-detection: A game prototype for rehabilitation and strengthening in the elderly**. In: *2017 International Conference on Orange Technologies (ICOT)*, p. 95–98, Dec 2017.
- [3] ALBERT, T.; BLANQUART, F. B.; CHAPELAIN, L. L.; FATTAL, C.; GOOSSENS, D.; ROME, J.; YELNIK, A.; VERBE, B. P. **Physical and rehabilitation medicine (prm) care pathways: Spinal cord injury**. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(6):440–450, 2012.
- [4] ALCHALCABI, A. E.; EDDIN, A. N.; SHIRMOHAMMADI, S. **More attention, less deficit: Wearable eeg-based serious game for focus improvement**. In: *2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, p. 1–8, April 2017.
- [5] ALDRICH, C. **Learning by doing: a comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences**. Pfeiffer, 2005.
- [6] ALEXANDRE, N. M. C.; COLUCI, M. Z. O. **Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas**. *Ciência e Saúde Coletiva*, 16:3061 – 3068, 07 2011.
- [7] AMERICAN TELEMEDICINE ASSOCIATION. **Telehealth basics**. Disponível em: <https://www.americantelemed.org/resource/why-telemedicine/>. Acesso em: 26/05/2021, 2021.
- [8] AMERICAN TELEMEDICINE ASSOCIATION. **Telerehabilitation**. Disponível em: <https://www.americantelemed.org/community/telerehabilitation/>. Acesso em: 26/05/2021, 2021.

- [9] ANDRADE, L. G.; EVANGELISTA, E. **O significado das cores na percepção do jogo this war of mine**. Disponível em: <http://www.site.satc.edu.br/admin/arquivos/31347/laura-gabriela-andrade.pdf>. Acesso em: 17/07/2021, 2018.
- [10] AUDSLEY, N.; BURNS, A.; DAVIS, R.; TINDELL, K.; WELLINGS, A. **Real-time system scheduling**. In: Randell, B.; Laprie, J.-C.; Kopetz, H.; Littlewood, B., editors, *Predictably Dependable Computing Systems*, p. 41–52, Berlin, Heidelberg, 1995. Springer Berlin Heidelberg.
- [11] BAHIRAT, K.; ANNASWAMY, T.; PRABHAKARAN, B. **Mr.mapp: Mixed reality for managing phantom pain**. In: *Proceedings of the 25th ACM International Conference on Multimedia*, MM '17, p. 1558–1566, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [12] BARIONI, R. R.; CHAVES, T. M.; FIGUEIREDO, L.; TEICHRIEB, V.; NETO, E. V.; DA GAMA, A. E. F. **Arkanoidar: An augmented reality system to guide biomechanical movements at sagittal plane**. In: *2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, p. 207–214, Nov 2017.
- [13] BATTISTI, D. **Exergame com cicloergômetro para a reabilitação de pacientes**. Master's thesis, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.
- [14] BATTISTI, D.; DE CARVALHO, S. T.; BATTISTI, L. **Jogo com cicloergômetro para a reabilitação de pacientes**. In: *Proceedings of SBGames 2019*, p. 1402–1403, 2019.
- [15] BELLUCCI, J. A.; MATSUDA, L. M. **Construção e validação de instrumento para avaliação do acolhimento com classificação de risco**. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 65:751 – 757, 10 2012.
- [16] BESSA, D.; RODRIGUES, N. F.; OLIVEIRA, E.; KOLBENSCHAG, J.; PRAHM, C. **Designing a serious game for myoelectric prosthesis control**. In: *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, p. 1–5, Aug 2020.
- [17] BETHI, S. R.; RAJKUMAR, A.; VULPI, F.; RAGHAVAN, P.; KAPILA, V. **Wearable inertial sensors for exergames and rehabilitation**. In: *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine Biology Society (EMBC)*, p. 4579–4582, July 2020.

- [18] BLOOR, M.; SAMPSON, H.; BAKER, S.; DAHLGREN, K. **Useful but no oracle: reflections on the use of a delphi group in a multi-methods policy research study.** *Qualitative Research*, 15(1):57–70, 2015.
- [19] BORTONE, I.; LEONARDIS, D.; MASTRONICOLA, N.; CRECCHI, A.; BONFIGLIO, L.; PROCOPIO, C.; SOLAZZI, M.; FRISOLI, A. **Wearable haptics and immersive virtual reality rehabilitation training in children with neuromotor impairments.** *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(7):1469–1478, July 2018.
- [20] BORTONE, I.; LEONARDIS, D.; SOLAZZI, M.; PROCOPIO, C.; CRECCHI, A.; BONFIGLIO, L.; FRISOLI, A. **Integration of serious games and wearable haptic interfaces for neuro rehabilitation of children with movement disorders: A feasibility study.** In: *2017 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, p. 1094–1099, July 2017.
- [21] BOWER, K. J.; LOUIE, J.; LANDESROCHA, Y.; SEEDY, P.; GORELIK, A.; BERNHARDT, J. **Clinical feasibility of interactive motion-controlled games for stroke rehabilitation.** *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 12:63, August 2015.
- [22] BRASIL. **Câmara dos Deputados. Projeto de Lei 696/2020. Dispõe sobre o uso da telemedicina durante a crise causada pelo coronavírus (2019-nCoV).** Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2239462>. Acesso em: 08/04/2020, 2020.
- [23] BUCHINGER, D.; JURASZEK, G. D.; DA SILVA HOUNSELL, M. **Estudo bibliométrico do crescimento da Área de realidade virtual.** In: *IX Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, 2012.
- [24] BURDEA, G. C.; GRAMPUROHIT, N.; KIM, N.; POLISTICO, K.; KADARU, A.; POLLACK, S.; OH-PARK, M.; BARRETT, A.; KAPLAN, E.; MASMELE, J.; NORI, P. **Feasibility of integrative games and novel therapeutic game controller for telerehabilitation of individuals chronic post-stroke living in the community.** *Topics in stroke rehabilitation*, 27(5):321–336, July 2020.
- [25] BURTIN, C.; CLERCKX, B.; ROBBEETS, C.; FERDINANDE, P.; LANGER, D.; TROOSTERS, T.; HERMANS, G.; DECRAMER, M.; GOSSELINK, R. **Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery.** *Critical Care Medicine*, 37:2499–2505, 09 2009.
- [26] CAMPBELL, J.; FRASER, M. **Switching it up: Designing adaptive interfaces for virtual reality exergames.** In: *Proceedings of the 31st European Conference*

- on Cognitive Ergonomics*, ECCE 2019, p. 177–184, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [27] CARGNIN, D. J.; CORDEIRO D'ORNELLAS, M.; CERVI PRADO, A. L. **A serious game for upper limb stroke rehabilitation using biofeedback and mirror-neurons based training.** *Studies in health technology and informatics*, 216:348–352, 2015.
- [28] CERF, V. G. **On the internet of medical things.** *Commun. ACM*, 63(8):5, July 2020.
- [29] CHARTOMATSIDIS, M.; GOUMOPOULOS, C. **A balance training game tool for seniors using microsoft kinect and 3d worlds.** In: Ziefle M., Maciaszek L., M. L., editor, *ICT4AWE 2019 - Proceedings of the 5th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health*, p. 135–145. SciTePress, 2019.
- [30] CHATZITOFIS, A.; MONAGHAN, D.; MITCHELL, E.; HONOHAN, F.; ZARPALAS, D.; O'CONNOR, N.; DARAS, P. **Hearthhealth: A cardiovascular disease home-based rehabilitation system.** In: E.M., S., editor, *Procedia Computer Science*, volume 63, p. 340–347. Elsevier B.V., 2015.
- [31] CHEBAA, B.; LIOULEMES, A.; ABUJELALA, M.; EBERT, D.; PHAN, S.; BECKER, E.; MAKEDON, F. **Multimodal analysis of serious games for cognitive and physiological assessment.** In: *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, PETRA '16, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [32] CHEN, J. **Flow in games (and everything else).** *Commun. ACM*, 50(4):31–34, Apr. 2007.
- [33] CHEN, W.; BANG, M.; KRIVONOS, D.; SCHIMEK, H.; NAVAL, A. **An immersive virtual reality exergame for people with parkinson's disease.** *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12376 LNCS:138–145, 2020.
- [34] CHOI, Y.-H.; PAIK, N.-J. **Mobile game-based virtual reality program for upper extremity stroke rehabilitation.** *Journal of visualized experiments : JoVE*, 1(133), March 2018.
- [35] CHOU, J. C.; HUNG, C.; HUNG, Y. **Design factors of mobile game for increasing gamer's flow experience.** In: *2014 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, p. 137–139, 2014.

- [36] CIDOTA, M. A.; BANK, P. J. M.; OUWEHAND, P. W.; LUKOSCH, S. G. **Assessing upper extremity motor dysfunction using an augmented reality game.** In: *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, p. 144–154, Oct 2017.
- [37] COFFITO. **Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Resolução 516/2020. Dispõe sobre a suspensão temporária do Artigo 15, inciso ii e Artigo 39 da resolução COFFITO 424/2013 e Artigo 15, inciso ii e Artigo 39 da Resolução COFFITO 425/2013 e estabelece outras providências durante o enfrentamento da crise provocada pela pandemia do covid-19.** Disponível em: <https://www.coffito.gov.br/nsite/?p=15825>. Acesso em: 13/10/2021, 2020.
- [38] CORDEIRO D'ORNELLAS, M.; SANTOS MACHADO, A.; DE MORAES, J. P.; CERVI PRADO, A. L. **A serious game for anterior cruciate ligament rehabilitation: Software development aspects and game engagement assessment.** *Studies in health technology and informatics*, 245:1217, 2017.
- [39] CORONA, F.; CHIURI, R. M.; FILOCAMO, G.; FOÀ, M.; LANZI, P. L.; LOPOPOLO, A.; PETACCIA, A. **Serious games for wrist rehabilitation in juvenile idiopathic arthritis.** In: *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)*, p. 35–42, Aug 2018.
- [40] CORRÊA, A. G. D.; KINTSCHNER, N. R.; CAMPOS, V. Z.; BLASCOVI-ASSIS, S. M. **Gear vr and leap motion sensor applied in virtual rehabilitation for manual function training: An opportunity for home rehabilitation.** In: *Proceedings of the 5th Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques*, REHAB '19, p. 148–151, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [41] COSTA, A. C. S.; MARCHIORI, P. Z. **Gamificação, elementos de jogos e estratégia: uma matriz de referência.** *InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação*, 6(2):44–65, out. 2015.
- [42] COULOURIS, G.; DOLLIMORE, J.; KINDBERG, T.; BLAIR, G. **Distributed Systems: Concepts and Design.** Pearson, 5th edition, 2012.
- [43] COUTINHO, S. S. **O uso da técnica delphi na pesquisa em atenção primária à saúde: revisão integrativa.** *Revista Baiana de Saúde Pública*, 37(3):582–596, 7 2013.

- [44] CRUZ, V. S. F.; DO NASCIMENTO LOPES, P. T.; DOS SANTOS OLIVEIRA, W.; SILVA, J. P. R.; DE OLIVEIRA, A. M. B. **O uso de cartilhas educativas como forma de continuidade da educação em saúde.** *Cadernos de Educação, Saúde e Fisioterapia*, 4:183 – 184, 2017.
- [45] CSIKSZENTMIHALYI, M. **Flow: A psicologia do alto desempenho e da felicidade.** Objetiva, 2020.
- [46] CUTHBERT, R.; TURKAY, S.; BROWN, R. **The effects of customisation on player experiences and motivation in a virtual reality game.** In: *Proceedings of the 31st Australian Conference on Human-Computer-Interaction, OZCHI'19*, p. 221–232, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [47] DA COSTA, A. F.; NAKAMURA, R. **Experiência de usuário e experiência de jogador: discussão sobre os conceitos e sua avaliação no projeto de jogos digitais.** In: *Anais do SBGames 2015*, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015. SBC.
- [48] DA COSTA, A. F. **Avaliação de experiência de jogador aplicada ao desenvolvimento de jogos.** Master's thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- [49] DA SILVA, D. L. **Análise de ferramentas e desenvolvimento de jogo para treinamento de paratletas**, 2018. Monografia (Bacharel em Ciência da Computação), UFPE (Universidade Federal de Pernambuco), Recife, Brasil.
- [50] DA SILVA PEIXOTO, C. **Jogos de estratégia de guerra em tempo real multijogador e seu desenvolvimento no motor unreal engine 4.** Master's thesis, São Paulo, 2019.
- [51] DAVID, L.; BOUYER, G.; OTMANE, S. **Towards an upper limb self-rehabilitation assistance system after stroke.** In: *Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual 2017, VRIC '17*, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [52] DAVID, V.; FORJAN, M.; PAŠTĚKA, R.; SCHERER, M.; HOFSTÄTTER, O. **Development of a multi-purpose easy-to-use set of tools for home based rehabilitation: Use cases and applications developed during the rehabilitation project.** In: *Proceedings of the 8th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-Exclusion, DSAI 2018*, p. 323–330, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [53] DE AZEVEDO CARDOSO, L. R.; ABIKO, A. K.; HAGA, H. C. R.; INOUE, K. P.; GONÇALVES, O. M. **Prospecção de futuro e método delphi: uma aplicação para**

- a cadeia produtiva da construção habitacional.** *Ambiente Construído*, 5(3):63–78, 7 2005.
- [54] DE CAMARGO CATAPAN, S.; CALVO, M. C. M. **Teleconsulta: uma revisão integrativa da interação médico-paciente mediada pela tecnologia.** *Revista Brasileira de Educação Médica*, 44, 2020.
- [55] DE CASTRO-CROS, M.; SEBASTIAN-ROMAGOSA, M.; RODRÍGUEZ-SERRANO, J.; OPISSO, E.; OCHOA, M.; ORTNER, R.; GUGER, C.; TOST, D. **Effects of gamification in bci functional rehabilitation.** *Frontiers in Neuroscience*, 14, 2020.
- [56] DE CRISTO, D.; DO NASCIMENTO, N. P.; DIAS, A. S.; SACHETTI, A. **Telerehabilitation for cardiac patients: Systematic review.** *International Journal of Cardiovascular Sciences*, p. 443–450, 2018.
- [57] DE CÁSSIA BARROS DIAS, R. **Método delphi: Uma descrição de seus principais conceitos e características**, 2007. Monografia (Especialização em Pesquisa de Mercado em Comunicação), USP (Universidade de São Paulo), São Paulo, Brasil.
- [58] DE FÁTIMA DOS SANTOS, A. **Telessaúde: um instrumento de suporte assistencial e educação permanente.** Editora UFMG, 2006.
- [59] DE OLIVEIRA, L. W. **Framework I para desenvolvedores de mhealth no contexto de self-care e gamificação.** Master's thesis, Goiânia, 2018.
- [60] DE OLIVEIRA, M. A. **Atividades físicas sem acompanhamento profissional trazem risco de lesão.** Disponível em: <https://www.portalcomunicare.com.br/entenda-os-maleficios-das-atividades-fisicas-sem-o-acompanhamento-de-um-profissional/>. Acesso em: 02/01/2021, 2020.
- [61] DE SOUZA, P. M.; RODRIGUES, K. R. D. H.; DE ALMEIDA NERIS, V. P. **Semth: An approach to the design of therapeutic digital games.** In: *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, IHC '19, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [62] DE VARGE MALDONADO, J. M. S.; MARQUES, A. B.; CRUZ, A. **Telemedicine: challenges to dissemination in brazil.** *Cadernos de Saúde Pública*, 32(suppl 2), 2016.
- [63] DENEHY, L.; LANPHERE, J.; NEEDHAM, D. M. **Ten reasons why icu patients should be mobilized early.** *Intensive Care Medicine*, 43:86–90, 08 2016.

- [64] DESAI, K.; BAHIRAT, K.; RAMALINGAM, S.; PRABHAKARAN, B.; ANNASWAMY, T.; MAKRIS, U. E. **Augmented reality-based exergames for rehabilitation**. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Multimedia Systems, MMSys '16*, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [65] DHAWAN, D.; BARLOW, M.; LAKSHIKA, E. **Prosthetic rehabilitation training in virtual reality**. In: *2019 IEEE 7th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, p. 1–8, Aug 2019.
- [66] DIAS, J.; VELOSO, A. I.; RIBEIRO, T. **A priest in the air**. In: *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, p. 1–7, June 2019.
- [67] DO NASCIMENTO PIROPO, T. G.; DO AMARAL, H. O. S. **Telessaúde, contextos e implicações no cenário baiano**. *Saúde Debate*, 39:279–287, 01 2015.
- [68] DOS SANTOS FINAMOR, L. P.; MARTINS, M. C.; MUCCIOLI, C.; SINGULEM, D.; LOPES, P. R. L.; JR, R. B. **Teleoftalmologia como auxílio diagnóstico nas doenças infecciosas e inflamatórias oculares**. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 51(5):279–284, Oct. 2005.
- [69] DUBEY, V.; MANNA, S. **Design of a game-based rehabilitation system using kinect sensor**. In: *Frontiers in Biomedical Devices, BIOMED - 2019 Design of Medical Devices Conference, DMD 2019*. American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2019.
- [70] E SILVA, R. L.; BULLA, G.; DA SILVA, L.; LUCENA, J. **Serious games and sensibility regimes: Paradoxes in using games for human formation**. *education policy analysis archives*, 26(117), 2018.
- [71] EISAPOUR, M.; CAO, S.; BOGER, J. **Participatory design and evaluation of virtual reality games to promote engagement in physical activity for people living with dementia**. *Journal of rehabilitation and assistive technologies engineering*, 7:2055668320913770, 2020.
- [72] ELOR, A.; LESSARD, S.; TEODORESCU, M.; KURNIAWAN, S. **Project butterfly: Synergizing immersive virtual reality with actuated soft exosuit for upper-extremity rehabilitation**. In: *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, p. 1448–1456, March 2019.
- [73] ELOR, A.; TEODORESCU, M.; KURNIAWAN, S. **Project star catcher: A novel immersive virtual reality experience for upper limb rehabilitation**. *ACM Trans. Access. Comput.*, 11(4), Nov. 2018.

- [74] EPIC GAMES. **Client-server model - unreal engine documentation**. Disponível em: <https://docs.unrealengine.com/en-US/Gameplay/Networking/Server/index.html>. Acesso em: 16/08/2020, 2020.
- [75] ERDOGAN, H.; PALASKA, Y.; MASAZADE, E.; EROL BARKANA, D.; EKENEL, H. K. **Vision-based game design and assessment for physical exercise in a robot-assisted rehabilitation system**. *IET Computer Vision*, 12(1):59–68, 2018.
- [76] FARAHANIPAD, F.; NAMBIAPPAN, H. R.; JAISWAL, A.; KYRARINI, M.; MAKEDON, F. **Hand-reha: Dynamic hand gesture recognition for game-based wrist rehabilitation**. In: *Proceedings of the 13th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, PETRA '20, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery.
- [77] FARINES, J. M.; DA SILVA FRAGA, J.; DE OLIVEIRA, R. S. **Sistemas de Tempo Real**. Escola de Computação - IME/USP, 2000.
- [78] FERGUSON, N. M.; LAYDON, D.; NEDJATI-GILANI, G.; IMAI, N.; AINSLIE, K.; BAGUELIN, M.; BHATIA, S.; BOONYASIRI, A.; CUCUNUBÁ, Z.; CUOMO-DANNENBURG, G.; DIGHE, A.; DORIGATTI, I.; FU, H.; GAYTHORPE, K.; GREEN, W.; HAMLET, A.; HINSLEY, W.; OKELL, L. C.; VAN ELSLAND, S.; THOMPSON, H.; VERITY, R.; VOLZ, E.; WANG, H.; WANG, Y.; WALKER, P. G.; WALTERS, C.; WINSKILL, P.; WHITTAKER, C.; DONNELLY, C. A.; RILEY, S.; GHANI, A. C. **Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (npis) to reduce covid-19 mortality and health-care demand**. *Imperial College COVID-19 Response Team*, p. 1–20, 2020.
- [79] FERREIRA, B.; LOURENÇO, J.; MENEZES, P. **A serious game for post-stroke motor rehabilitation**. In: *2019 5th Experiment International Conference (exp.at '19)*, p. 383–387, June 2019.
- [80] FERREIRA, B.; MENEZES, P. **An adaptive virtual reality-based serious game for therapeutic rehabilitation**. *International journal of online and biomedical engineering*, 16(4):63–71, 2020.
- [81] FLEURY, A.; NAKANO, D.; CORDEIRO, J. H. D. O. **Mapeamento da Indústria Brasileira e Global de Jogos Digitais**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2014.
- [82] FOLETTTO, A. A.; CORDEIRO D'ORNELLAS, M.; CERVI PRADO, A. L. **Serious games for parkinson's disease fine motor skills rehabilitation using natural interfaces**. *Studies in health technology and informatics*, 245:74–78, 2017.

- [83] FULLERTON, T. **Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games**. CRC press, 2008.
- [84] FUNABASHI, A. M. M.; ARANHA, R. V.; SILVA, T. D.; MONTEIRO, C. B. M.; SILVA, W. S.; NUNES, F. L. S. **Agar: A vr serious game to support the recovery of post-stroke patients**. In: *2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, p. 279–288, Nov 2017.
- [85] GERLING, K.; HICKS, K.; SZYMANEZYK, O.; LINEHAN, C. **Designing interactive manual wheelchair skills training for children**. In: *Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference, DIS '19*, p. 725–736, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [86] GILBERT, L.; HINZE, A.; BOWEN, J. **Augmented reality game for people with traumatic brain injury: Concept and prototypical exploration**. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Computer and Automation Engineering, ICCAE '17*, p. 51–55, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [87] GLAZER, J.; SANJAY, M. **Multiplayer game programming: Architecting networked games**. Addison-Wesley Professional, 2015.
- [88] GODERIE, J.; ALASHRAFOV, R.; JOCKIN, P.; LIU, L.; LIU, X.; CIDOTA, M. A.; LUKOSCH, S. G. **Chirochroma: An augmented reality game for the assessment of hand motor functionality**. In: *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)*, p. 115–120, Oct 2017.
- [89] GOH, D. C. R.; TAN, A. C. H.; LEE, J. S. A. **Gamification of heel raise plantarflexion physiotherapy**. In: *Proceedings of the 2nd International Workshop on Multimedia for Personal Health and Health Care, MMHealth '17*, p. 35–43, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [90] GOLLIOT, J. **Engagement levers for therapists and patients in a context of cognitive rehabilitation of executive functions with the serious game s'tim**. In: *2019 IEEE 7th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, p. 1–8, Aug 2019.
- [91] GOLLIOT, J.; TIMSIT, M.; HERRERA, C.; FONTUGNE, E.; ABELLARD, A.; DURAMPART, M. **Specification, use and impact of the persuasive serious game s'tim in a rehabilitation process for patients with dysexecutive syndrome**. In: *Proceedings of the 2018 International Conference on Digital Health, DH '18*, p. 150–151, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.

- [92] GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J. L.; PADILLA ZEA, N.; GUTIÉRREZ, F. L. **From usability to playability: Introduction to player-centred video game development process.** In: Kurosu, M., editor, *Human Centered Design*, p. 65–74, Berlin, Heidelberg, 2009. Springer Berlin Heidelberg.
- [93] GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, C. S.; TOLEDO-DELGADO, P. A.; MUÑOZ-CRUZ, V.; TORRES-CARRION, P. V. **Serious games for rehabilitation: Gestural interaction in personalized gamified exercises through a recommender system.** *Journal of Biomedical Informatics*, 97:103266, 2019.
- [94] GONÇALVES, D. R. **A importância do profissional de educação física no atendimento ambulatorial de pacientes pediátricos com fibrose cística**, 2019. Trabalho de Conclusão do Programa de Residência Integrada Multiprofissional em Saúde (HCPA), Porto Alegre.
- [95] GOOGLE DEVELOPERS. **Web real time communication.** Disponível em: <https://webrtc.github.io/webrtc-org/architecture/>. Acesso em: 13/04/2020, 2020.
- [96] GRAMMATIKOPOULOU, A.; DIMITROPOULOS, K.; BOSTANTJOPOULOU, S.; KATSAROU, Z.; GRAMMALIDIS, N. **Motion analysis of parkinson diseased patients using a video game approach.** In: *Proceedings of the 12th ACM International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments*, PETRA '19, p. 523–527, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [97] GREGORY, J. **Game Engine Architecture.** AK Peters/CRC Press, 2014.
- [98] HASSENZAHL, M.; TRACTINSKY, N. **User experience - a research agenda.** *Behaviour & Information Technology*, 25(2):91–97, 2006.
- [99] HENNESSY, R. W.; RUMBLE, D.; CHRISTIAN, M.; BROWN, D.; TROST, Z. **A graded exposure, locomotion-enabled virtual reality app during walking and reaching for individuals with chronic low back pain: Cohort gaming design.** *JMIR serious games*, 8(3):e17799, August 2020.
- [100] HODENT, C. **Developing ux practices at epic games.** *Game Developer Conference*, 2014.
- [101] HOUSE, G.; BURDEA, G.; POLISTICO, K.; GRAMPUROHIT, N.; ROLL, D.; DAMIANI, F.; KEELER, S.; HUNDAL, J. **A rehabilitation first-tournament between teams of nursing home residents with chronic stroke.** *Games for health journal*, 5(1):75–83, February 2016.

- [102] HUERGA, R. S.; LADE, J.; MUELLER, F. **Designing play to support hospitalized children.** In: *Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, CHI PLAY '16, p. 401–412, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [103] HUIZINGA, J. **Homo Ludens.** Estudos. Editora Perspectiva S/A, 2020.
- [104] HWANG, S.; SCHNEIDER, A. L. J.; CLARKE, D.; MACINTOSH, A.; SWITZER, L.; FEHLINGS, D.; GRAHAM, T. N. **How game balancing affects play: Player adaptation in an exergame for children with cerebral palsy.** In: *Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems*, DIS '17, p. 699–710, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [105] JACK, K.; MCLEAN, S. M.; MOFFETT, J. K.; GARDINER, E. **Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics: A systematic review.** *Manual Therapy*, 15(3):220 – 228, 2010.
- [106] JERALD, J. **The VR book: Human-centered design for virtual reality.** Morgan & Claypool, 2015.
- [107] JOKELA, T.; LUCERO, A. **A comparative evaluation of touch-based methods to bind mobile devices for collaborative interactions.** In: *Proceedings of the SIG-CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, p. 3355–3364, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.
- [108] JOUNDI, J. L.; PENDERS, A.; OCTAVIA, J. R.; SALDIEN, J. **The design of an interactive surface for supporting rehabilitation of children with developmental coordination disorder.** In: *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '19, p. 335–344, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [109] KAPP, K. M. **The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education.** Pfeiffer essential resources for training and HR professionals. Wiley, 2012.
- [110] KARÁCSONY, T.; HANSEN, J. P.; IVERSEN, H. K.; PUTHUSSERYPADY, S. **Brain computer interface for neuro-rehabilitation with deep learning classification and virtual reality feedback.** In: *Proceedings of the 10th Augmented Human International Conference 2019*, AH2019, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.

- [111] KHALIL, M. M.; AFIFI, A.; AMIN, K. M. **Mobile-based environment to facilitate rehabilitation of adults post-injuries.** In: *2019 14th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES)*, p. 222–227, Dec 2019.
- [112] KIRNER, C. **Prototipagem rápida de aplicações interativas de realidade aumentada.** In: *Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada*, v. 2, n. 1, p. 29–54. SBC, 2011.
- [113] KIRNER, C.; TORI, R.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada.** Editora SBC, 2006.
- [114] KONTADAKIS, G.; CHASIOURAS, D.; PROIMAKI, D.; MANIA, K. **Gamified 3d orthopaedic rehabilitation using low cost and portable inertial sensors.** In: *2017 9th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, p. 165–168, Sep. 2017.
- [115] KOPETZ, H. **Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications.** Real-Time Systems Series. Springer US, 2011.
- [116] LAI, Y.; SUTJIPTO, S.; CLOUT, M. D.; CARMICHAEL, M. G.; PAUL, G. **Gavre2: Towards data-driven upper-limb rehabilitation with adaptive-feedback gamification.** In: *2018 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (RO-BIO)*, p. 164–169, Dec 2018.
- [117] LANGHORNE, P.; BERNHARDT, J.; KWAKKEL, G. **Stroke rehabilitation.** *The Lancet*, 377:1693–1702, 2011.
- [118] LAW, E. L.-C.; ROTO, V.; HASSENZAHN, M.; VERMEEREN, A. P.; KORT, J. **Understanding, scoping and defining user experience: A survey approach.** In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, p. 719–728, New York, NY, USA, 2009. Association for Computing Machinery.
- [119] LEVAC, D.; DUMAS, H. M.; MELEIS, W. **A tablet-based interactive movement tool for pediatric rehabilitation: Development and preliminary usability evaluation.** *JMIR rehabilitation and assistive technologies*, 5(2):e10307, November 2018.
- [120] LI, M.; GUO, W.; XU, J.; XUE, S.; WU, D.; LIANG, Z.; YUAN, H.; XIE, J.; XU, G.; ALTHOEFER, K. **Attention enhancement and motion assistance for virtual reality-mediated upper-limb rehabilitation.** *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 2(4):565–568, Nov 2020.
- [121] LING, Y.; TER MEER, L. P.; YUMAK, Z.; VELTKAMP, R. C. **Usability test of exercise games designed for rehabilitation of elderly patients after hip replacement surgery: Pilot study.** *JMIR serious games*, 5(4):e19, October 2017.

- [122] LÓPEZ, S. A.; CORNO, F.; DE RUSSIS, L. **Design and development of one-switch video games for children with severe motor disabilities.** *ACM Trans. Access. Comput.*, 10(4), Aug. 2017.
- [123] MACE, M.; KINANY, N.; RINNE, P.; RAYNER, A.; BENTLEY, P.; BURDET, E. **Balancing the playing field: Collaborative gaming for physical training.** *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 2017.
- [124] MACHADO, F. S. V.; CASAGRANDE, W. D.; FRIZERA, A.; DA ROCHA, F. E. M. **Development of serious games for neurorehabilitation of children with attention-deficit/hyperactivity disorder through neurofeedback.** In: *2019 18th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*, p. 91–97, Oct 2019.
- [125] MADRIGAL, O. C.; RODRÍGUEZ, Y. R.; DÍAZ, A. A.; KUGURAKOVA, V. **Improving the communication model in game for health: Experiences in amblyopia treatment.** In: *Proceedings of the 5th Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques, REHAB '19*, p. 5–9, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [126] MARQUES, M. R.; RIBEIRO, E. C. C.; SANTANA, C. S.; ELUI, V. M. **Aplicações e benefícios dos programas de telessaúde e telerreabilitação: uma revisão da literatura.** *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*, 8(1):43–52, 2014.
- [127] MATOS, T. **Telemedicina x coronavírus: Veja perguntas e respostas sobre o atendimento médico a distancia.** Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/03/30/telemedicina-x-coronavirus-veja-perguntas-e-respostas-sobre-o-atendimento-medico-a-distancia.ghtml>. Acesso em: 06/04/2020, 2020.
- [128] MEYER, T.; GUTENBRUNNER, C.; KIEKENS, C.; SKEMPES, D.; MELVIN, J. L.; SCHEDLER, K.; IMAMURA, M.; STUCKI, G. **ISPRM discussion paper: Proposing a conceptual description of health-related rehabilitation services.** *J Rehabil Med*, 46(1):1–6, Jan 2014.
- [129] MUGUETA-AGUINAGA, I.; GARCIA-ZAPIRAIN, B. **Fred: Exergame to prevent dependence and functional deterioration associated with ageing. a pilot three-week randomized controlled clinical trial.** *International journal of environmental research and public health*, 14(12), November 2017.

- [130] MUNARETTO, L. F.; CORRÊA, H. L.; DA CUNHA, J. A. C. **Um estudo sobre as características do método delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias.** *Revista de Administração da UFSM*, 6(1):09–24, 7 2013.
- [131] NAIK, A. G.; HUYNHNGUYEN, H.; JONES, S.; PATTON, J.; KENYON, R. V. **Virtual slots game for rehabilitation exercises.** In: *2019 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)*, p. 1–4, June 2019.
- [132] NEEDHAM, D. M.; TRUONG, A. D.; FAN, E. **Technology to enhance physical rehabilitation of critically ill patients.** *Crit Care Med*, 37(10):436–441, Oct 2009.
- [133] NEHRUJEE, A.; VASANTHAN, L.; LEPCHA, A.; BALASUBRAMANIAN, S. **A smartphone-based gaming system for vestibular rehabilitation: A usability study.** *Journal of vestibular research : equilibrium & orientation*, 29(2-3):147—160, 2019.
- [134] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Telemedicine: opportunities and developments in member states: report on the second global survey on ehealth.** Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44497>. Acesso em: 26/05/2021, 2009.
- [135] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **World report on disability 2011,** 2011.
- [136] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **National ehealth strategy toolkit.** Disponível em: <https://www.who.int/ehealth/publications/overview.pdf>. Acesso em: 26/05/2021, 2012.
- [137] PALANIAPPAN, S. M.; DUERSTOCK, B. S. **Developing rehabilitation practices using virtual reality exergaming.** In: *2018 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)*, p. 090–094, Dec 2018.
- [138] PEDROLI, E.; PADULA, P.; GUALA, A.; MEARDI, M. T.; RIVA, G.; ALBANI, G. **A psychometric tool for a virtual reality rehabilitation approach for dyslexia.** *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2017, 2017.
- [139] PEREIRA, F.; BADIA, S. B.; JORGE, C.; CAMEIRÃO, M. S. **Impact of game mode on engagement and social involvement in multi-user serious games with stroke patients.** In: *2019 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*, p. 1–6, July 2019.

- [140] PEZZERA, M.; BORGHESE, N. A. **Dynamic difficulty adjustment in exer-games for rehabilitation: a mixed approach.** In: *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, p. 1–7, Aug 2020.
- [141] PINTO, J. F.; CARVALHO, H. R.; CHAMBEL, G. R. R.; RAMIRO, J.; GONCALVES, A. **Adaptive gameplay and difficulty adjustment in a gamified upper-limb rehabilitation.** In: *2018 IEEE 6th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, p. 1–8, May 2018.
- [142] POSTOLACHE, O.; ALEXANDRE, R.; GEMAN, O.; JUDE HEMANTH, D.; GUPTA, D.; KHANNA, A. **Remote monitoring of physical rehabilitation of stroke patients using iot and virtual reality.** *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, p. 1–1, 2020.
- [143] PREMO. **How vr/ar help to achieve immersive experiences in gaming.** Disponível em: <https://3dcoil.grupopremo.com/blog/improving-engagement-true-immersive-experiences-serious-gaming-using-vr-ar-technologies/>. Acesso em: 26/05/2021, 2017.
- [144] RAHMAN, M.; KANKANHALLI, A.; WADHWA, B.; HUA, Y. C.; KEI, C. K.; HOON, L. J.; JAYAKKUMAR, S.; LIN, C. C. **Gear: A mobile game-assisted rehabilitation system.** In: *2016 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)*, p. 511–516, Oct 2016.
- [145] RAMÍREZ, E. R.; PETRIE, R.; CHAN, K.; SIGNAL, N. **A tangible interface and augmented reality game for facilitating sit-to-stand exercises for stroke rehabilitation.** In: *Proceedings of the 8th International Conference on the Internet of Things, IOT '18*, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [146] REN, S.; SHI, W.; HOU, Z. G.; WANG, J.; WANG, W. **Engagement enhancement based on human-in-the-loop optimization for neural rehabilitation.** *Front Neurobot*, 14:596019, 2020.
- [147] RENOVARE. **Ping e lag: Como evitá-los e ficar sempre on nos games online?** Disponível em: <https://www.renovaretelecom.com.br/site/noticias/10/ping-e-lag-como-evita-los-e-ficar-sempre-on-nos-games-online>. Acesso em: 29/05/2021, 2019.
- [148] RICHARDS, C.; GRAHAM, T. C. N. **Developing compelling repetitive-motion exergames by balancing player agency with the constraints of exercise.** In: *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems, DIS '16*, p. 911–923, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.

- [149] ROCHA, A. M.; MARTINEZ, B.; SILVA, V. M. D.; JUNIOR, L. F. **Early mobilization: Why, what for and how?** *Medicina Intensiva*, 41:429–436, 10 2017.
- [150] RODRIGUES, J.; MENEZES, P.; RESTIVO, M. T. **Travelling in a virtual city: a physical exercise promoting game.** In: *2019 5th Experiment International Conference (exp.at '19)*, p. 256–257, June 2019.
- [151] SANTOS, A.; GUIMARÃES, V.; MATOS, N.; CEVADA, J.; FERREIRA, C.; SOUSA, I. **Multi-sensor exercise-based interactive games for fall prevention and rehabilitation.** In: *2015 9th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, p. 65–71, May 2015.
- [152] SANTOS, D.; PINHEIRO, I. **Telereabilitação no tratamento de disfunções neurológicas: Revisão narrativa.** *Revista Scientia*, 1:96–106, 01 2016.
- [153] SCARPARO, A. F.; LAUS, A. M.; AZEVEDO, A. I. C. S. **Reflexões sobre o uso da técnica delphi em pesquisa na enfermagem.** *Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste*, 13(1):242–251, 2012.
- [154] SCHICKLER, M.; PRYSS, R.; REICHERT, M.; SCHOBEL, J.; LANGGUTH, B.; SCHLEE, W. **Using mobile serious games in the context of chronic disorders: A mobile game concept for the treatment of tinnitus.** In: *2016 IEEE 29th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, p. 343–348, June 2016.
- [155] SHEWAGA, R.; ROJAS, D.; KAPRALOS, B.; BRENNAN, J. **Alpha testing of the rapid recovery kayaking-based exergame.** In: *2015 IEEE Games Entertainment Media Conference (GEM)*, p. 1–5, Oct 2015.
- [156] SILVA, A. D. S. D.; VALENCIANO, P. J.; FUJISAWA, D. S. **Atividade lúdica na fisioterapia em pediatria: Revisão de literatura.** *Revista Brasileira de Educação Especial*, 23:623 – 636, 12 2017.
- [157] SOUZA, C.; OLIVEIRA, D.; BERRETA, L.; CARVALHO, S. **A distributed exergame for telerehabilitation: An engaging alternative to improve patients' quality of life.** In: *Proceedings of the 1st Life Improvement in Quality by Ubiquitous Experiences Workshop*, Porto Alegre, RS, Brasil, 2021. SBC.
- [158] SOUZA, C. H. R.; BATTISTI, D.; BERRETTA, L.; DE CARVALHO, S. T. **Exergame com cicloergômetro para a reabilitação de pacientes em tempos de covid-19.** In: *Anais Principais do XX Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*, Porto Alegre, RS, Brasil, 2020. SBC.

- [159] SOUZA, C. H. R.; DE OLIVEIRA, D. M.; BERRETTA, L.; DE CARVALHO, S. T. **Jogos digitais e engajamento na reabilitação de pacientes: Uma revisão sistemática da literatura.** In: *Anais Principais do XXI Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*, Porto Alegre, RS, Brasil, 2021. SBC.
- [160] SOUZA, C. H. R.; DE OLIVEIRA, D. M.; DE OLIVEIRA BERRETTA, L.; DE CARVALHO, S. T. **Jogos sérios e elementos de jogos na promoção de engajamento em contextos de telerreabilitação de pacientes.** In: *Proceedings of SBGames 2021*, Gramado, RS, Brasil, 2021. SBC.
- [161] SREDOJEV, B.; SAMARDZIJA, D.; POSARAC, D. **Webrtc technology overview and signaling solution design and implementation.** In: *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, p. 1006–1009, 2015.
- [162] STANDEN, P.; THREAPLETON, K.; CONNELL, L.; RICHARDSON, A.; BROWN, D.; BATTERSBY, S.; SUTTON, C.; PLATTS, F. **Patients' use of a home-based virtual reality system to provide rehabilitation of the upper limb following stroke.** *Physical Therapy*, 95(3):350–359, 2015.
- [163] STEFFEN, D.; MUHM, M.; CHRISTMANN, C.; BLESER, G. **A usability evaluation of a mobile exergame for ankle joint exercises.** In: *2018 IEEE 6th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, p. 1–8, May 2018.
- [164] SUBTIL, M. M. L.; GOES, D. C.; GOMES, T. C.; SOUZA, M. L. D. **O relacionamento interpessoal e a adesão na fisioterapia.** *Fisioterapia em Movimento*, 24:745 – 753, 12 2011.
- [165] SÁNCHEZ, J. L. G.; VELA, F. L. G.; SIMARRO, F. M.; PADILLA-ZEA, N. **Playability: analysing user experience in video games.** *Behaviour & Information Technology*, 31(10):1033–1054, 2012.
- [166] SÁNCHEZ-HERRERA-BAEZA, P.; CANO-DE-LA CUERDA, R.; OÑA-SIMBAÑA, E. D.; PALACIOS-CEÑA, D.; PÉREZ-CORRALES, J.; CUENCA-ZALDIVAR, J. N.; GUEITA-RODRIGUEZ, J.; BALAGUER-BERNALDO DE QUIRÓS, C.; JARDÓN-HUETE, A.; CUESTA-GOMEZ, A. **The impact of a novel immersive virtual reality technology associated with serious games in parkinson's disease patients on upper limb rehabilitation: A mixed methods intervention study.** *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(8), April 2020.

- [167] TABOR, A.; BATEMAN, S.; SCHEME, E.; FLATLA, D. R.; GERLING, K. **Designing game-based myoelectric prosthesis training**. In: *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '17, p. 1352–1363, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [168] TAMAYO-SERRANO, P.; GARBAYA, S.; BOUAKAZ, S.; BLAZEVIC, P. **A game-based rehabilitation therapy for post-stroke patients: An approach for improving patient motivation and engagement**. *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*, 6(4):54–62, Oct 2020.
- [169] TECNOBLOG. **Kinect vira ferramenta de fisioterapia em clínica brasileira**. Disponível em: <https://tecnoblog.net/62127/xbox-kinect-clinica-fisioterapia/>. Acesso em: 26/05/2021, 2011.
- [170] THE UNIVERSITY OF QUEENSLAND - SCHOOL OF HEALTH AND REHABILITATION SCIENCES. **Why is telerehabilitation so important during the covid-19 pandemic?** Disponível em: <https://shrs.uq.edu.au/article/2020/05/why-telerehabilitation-so-important-during-covid-19-pandemic>. Acesso em: 26/05/2021, 2020.
- [171] UZOR, S.; BAILLIE, L. **Recov-r: Evaluation of a home-based tailored exergame system to reduce fall risk in seniors**. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 26(4), July 2019.
- [172] VAN STEEN, M.; TANENBAUM, A. **Distributed Systems**. Distributed-Systems.Net, 3rd edition, 2017.
- [173] VANDERMAESEN, M.; DE WEYER, T.; FEYS, P.; LUYTEN, K.; CONINX, K. **Integrating serious games and tangible objects for functional handgrip training: A user study of handily in persons with multiple sclerosis**. In: *Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems*, DIS '16, p. 924–935, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [174] VASCONCELOS, A.; NUNES, F.; CARVALHO, A.; CORREIA, C. **Mobile, exercise-agnostic, sensor-based serious games for physical rehabilitation at home**. In: *Proceedings of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '18, p. 271–278, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [175] WADDINGTON, J.; LINEHAN, C.; GERLING, K.; HICKS, K.; HODGSON, T. **Participatory design of therapeutic video games for young people with neurological**

- vision impairment.** In: *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, volume 2015-April, p. 3533–3542. Association for Computing Machinery, 2015.
- [176] WANG, J.; WANG, W.; HOU, Z.; SHI, W.; LIANG, X.; REN, S.; PENG, L.; ZHOU, Y. **Bci and multimodal feedback based attention regulation for lower limb rehabilitation.** In: *2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, p. 1–7, July 2019.
- [177] WANG, J.; WANG, W.; HOU, Z. G. **Toward improving engagement in neural rehabilitation: Attention enhancement based on brain–computer interface and audiovisual feedback.** *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 12(4):787–796, 2020.
- [178] WENDISCH, C. **Avaliação da qualidade de unidades de alimentação e nutrição (uan) hospitalares: construção de um instrumento.** Master's thesis, Rio de Janeiro, 2010.
- [179] WERBACH, K.; HUNTER, D. **For the win: How game thinking can revolutionize your business.** Wharton Digital Press, 2012.
- [180] WONG, K. **Designing monument valley: Less game, more experience.** *Game Developer Conference*, 2014.
- [181] WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. **Delphi - uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo.** *Caderno de Pesquisas em Administração*, 2000.
- [182] YOUNG, S. J. **Real Time Languages: Design and Development.** Halsted Press, USA, 2000.
- [183] ZIRBEL, C.; ZHANG, X.; HUGHES, C. **The vrehab system: A low-cost mobile virtual reality system for post-stroke upper limb rehabilitation for medically underserved populations.** In: *2018 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, p. 1–8, Oct 2018.
- [184] ZYDA, M. **From visual simulation to virtual reality to games.** In: *Computer*, volume 38, p. 25–32. IEEE Computer Society Press, 2005.

Experiência de Jogador: TCLE e Questionários

Este apêndice apresenta a íntegra do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e os dois questionários (inicial e final) aplicados na realização do experimento com voluntários. O Questionário Inicial (Q1) foi elaborado com a finalidade de perceber a proximidade do voluntário com o uso de computadores e com os jogos digitais, enquanto que o Questionário Final (Q2) foi concebido com o intuito de verificar as impressões do voluntário em relação ao uso do *exergame*. Os dois foram organizados tendo por base o trabalho de Costa [48].



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada **“Aplicação de Técnicas de Computação Ubíqua e Padrões de Informática em Saúde no Contexto do Monitoramento Remoto de Pacientes Domiciliares”**. Meu nome é **Luciana de Oliveira Berretta**, sou o(a) pesquisadora responsável e minha área de atuação é Computação Aplicada. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra ficará comigo. Esclareço que em caso de recusa na participação, em qualquer etapa da pesquisa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pelo(a) pesquisador(a) responsável, via e-mail luciana.berretta@ufg.br e, através do(s) seguinte(s) contato(s) telefônico(s): 62 98283-9590, inclusive com possibilidade de ligação a cobrar. Ao persistirem as dúvidas sobre os seus direitos como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** da Universidade Federal de Goiás, pelo telefone (62)3521-1215, que a instância responsável por dirimir as dúvidas relacionadas ao caráter ético da pesquisa. O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (CEP-UFG) é independente, com função pública, de caráter consultivo, educativo e deliberativo, criado para proteger o bem-estar dos/das participantes da pesquisa, em sua integridade e dignidade, visando contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos vigentes.

O trabalho tem como objetivo geral investigar e aplicar técnicas de Computação na implementação de uma solução computacional para o monitoramento remoto de pacientes domiciliares. Você irá utilizar um Exergame (jogo eletrônico comandado pelo movimento do próprio corpo) por meio de um dispositivo móvel (notebook ou celular) e um ciclo ergômetro (uma bicicleta de cabeceira que aumenta a capacidade e autopercepção funcional, além da força do quadríceps) que irá capturar seus dados fisiológicos e gerar relatórios, sem a presença física de um profissional de saúde. Para isso deverá reservar um período de 30 minutos por sessão, podendo ser necessária a realização de até 3 sessões. **Você tem direito ao ressarcimento das despesas decorrentes da cooperação com a pesquisa, inclusive transporte e alimentação, se for o caso, e a pleitear indenização em caso de danos, conforme previsto em Lei.** Se você não quiser que seu nome seja divulgado, está garantido o sigilo que assegure a privacidade e o anonimato. As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas. O uso do Exergame proposto nessa pesquisa pode gerar cansaço físico decorrente da atividade prescrita, porém o uso de jogos visa um engajamento maior por parte do paciente.

Durante todo o período da pesquisa e na divulgação dos resultados, sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de alguma forma, identificar-lhe, será mantido em sigilo. Todo material ficará sob minha guarda por um período mínimo de cinco anos. Para condução da entrevista é necessário o seu consentimento para utilização de um gravador, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA



- (☐) Permito a utilização de gravador durante a entrevista.
(☐) Não permito a utilização de gravador durante a entrevista.

As gravações serão utilizadas na transcrição e análise dos dados, sendo resguardado o seu direito de ler e aprovar as transcrições. Pode haver necessidade de utilizarmos sua voz em publicações. Faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (☐) Autorizo o uso de minha voz em publicações.
(☐) Não autorizo o uso de minha voz em publicações.

Pode haver também a necessidade de utilizarmos sua opinião em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (☐) Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.
(☐) Não Permito a divulgação da minha opinião nos resultados publicados da pesquisa.

Pode haver também a necessidade de utilizarmos sua imagem em publicações, faça uma rubrica entre os parênteses da opção que valida sua decisão:

- (☐) Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.
(☐) Não Permito a divulgação da minha imagem nos resultados publicados da pesquisa.

Solicito autorização para utilização dos dados em pesquisas futuras. Para validar sua decisão, faça uma rubrica entre os parênteses abaixo:

- (☐) Permito a utilizar esses dados para pesquisas futuras.
(☐) Não Permito a utilizar esses dados para pesquisas futuras.

Declaro que os resultados da pesquisa serão tornados públicos, sejam eles favoráveis ou não.



1.2 Consentimento da Participação na Pesquisa:

Eu,, abaixo assinado, concordo em participar do estudo intitulado “**Aplicação de Técnicas de Computação Ubíqua e Padrões de Informática em Saúde no Contexto do Monitoramento Remoto de Pacientes Domiciliares**”. Informo ter mais de 18 anos de idade e destaco que minha participação nesta pesquisa é de caráter voluntário. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) responsável **Luciana de Oliveira Berretta** sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, de de

Assinatura por extenso do(a) participante

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

QUESTIONÁRIO INICIAL (Q1)

Identificação do(a) Voluntário(a)*
Idade: _____ anos
Escolaridade: () Fundamental Completo () Médio Completo () Superior Completo () Outro: _____

A seguir, marque um X na opção que melhor define a sua concordância com cada assertiva:

1. Eu utilizo computadores no meu dia-a-dia.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

2. Eu tenho facilidade com o uso de computadores.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

3. Eu tenho o hábito de jogar em algum dispositivo (celular/computador).

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

4. Eu gosto de jogos.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

** Os dados são sigilosos e utilizados somente para fins de pesquisa.*

QUESTIONÁRIO FINAL (Q2) - EXPERIÊNCIA DE JOGADOR

Você já havia jogado algum jogo similar ao apresentado? Se sim, qual?

A seguir, marque um X na opção que melhor define a sua concordância com cada assertiva:

1. O jogo é muito frustrante, irritante ou entediante.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

2. O jogo é divertido.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

3. As regras do jogo são fáceis de se compreender.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

4. O jogo é confuso.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

5. O controle utilizado é confortável e combina bem com o jogo.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

6. Consegui utilizar o cicloergômetro, o controle e os sensores com facilidade.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

7. Eu gostaria de continuar jogando por mais tempo.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

8. Eu gostaria de jogar uma próxima vez.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

9. Eu não gostaria de jogar novamente.

() concordo fortemente () concordo () neutro () discordo () discordo fortemente

Como você avalia, de forma geral, a experiência com o jogo?

() Muito satisfatória () Satisfatória () Neutro () Problemática () Muito problemática

Você encontra pontos positivos no jogo? Quais? (deixar em branco se não houver)

Você encontra pontos negativos no jogo? Quais? (deixar em branco se não houver)

Algun comentário ou consideração final? (deixar em branco se não houver)

Receber os resultados
Gostaria de receber a dissertação de mestrado e os possíveis artigos científicos nos quais serão utilizados os dados referentes a esta pesquisa? () sim () não E-mail: _____