



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Dissertação de Mestrado

Interface Cérebro-Computador integrada a um Jogo Sério para o treinamento da atenção

Giulia Tondin Monteiro

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computação

Orientadora: Profa. Dra. Diana Francisca Adamatti

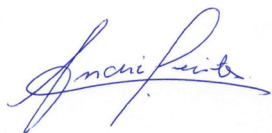
Rio Grande, 2022

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Interface Cérebro-Computador integrada a um Jogo Sério para o treinamento da atenção

Giulia Tondin Monteiro

Banca examinadora:

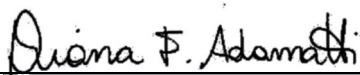


DN: cn=André Luis Castro de
Freitas, o=Universidade Federal
do Rio Grande,
email=dmtalc@furg.br, c=BR
Dados: 2022.03.11 15:54:01
-03'00'

Prof. Dr. André Luis Castro de Freitas



Prof. Dr. Tiago Thompsen Primo



Profa. Dra. Diana Francisca Adamatti
Orientadora

Ficha Catalográfica

M775i Monteiro, Giulia Tondin.

Interface Cérebro-Computador integrada a um Jogo Sériο para o treinamento da atenção / Giulia Tondin Monteiro. – 2022.

77 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Computação, Rio Grande/RS, 2022.

Orientadora: Dra. Diana Francisca Adamatti.

1. Jogos Sérios 2. Interface Cérebro-Computador 3. Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade 4. *Neurofeedback* I. Adamatti, Diana Francisca II. Título.

CDU 616-008.61

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

*Dedico este trabalho à minha família,
que tanto me deu forças para concluí-lo.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado sabedoria e motivação para que eu superasse os obstáculos e desenvolvesse este trabalho.

Agradeço a minha família, Luciana, Luiz Sabino, Yan, Ygor e Gilson, que sempre me apoiaram e me incentivaram ao longo desta jornada, e em todos os momentos de minha vida. Agradeço especialmente a minha mãe, exemplo de força, perseverança e fé, que me ensinou tanto.

Agradeço a Eduarda, que não mediu esforços em me auxiliar durante esta etapa, por quem possuo uma grande admiração. Agradeço a Pedro Augusto, Verônica e a todos os meus amigos que me apoiaram, pessoas fundamentais e especiais que dedicaram suas horas e ajudaram na realização deste trabalho.

Agradeço também a minha orientadora Diana, por ter apoiado a ideia, por todas as conversas e conhecimentos compartilhados. Além disso, agradeço a CAPES pela bolsa de estudo concedida no período do mestrado e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação da Universidade Federal do Rio Grande pela oportunidade de aprendizado.

*To the world we dream about
and the one we live in now.*
— ANAÏS MITCHELL

RESUMO

MONTEIRO, Giulia Tondin. **Interface Cérebro-Computador integrada a um Jogo Sério para o treinamento da atenção**. 2022. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande.

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é um transtorno de neurodesenvolvimento, seus sintomas manifestam-se desde a infância, principalmente nas funções cognitivas das diferentes categorias de atenção, como a manutenção e autorregulação das mesmas. As dificuldades de concentração enfrentadas pela população com esse transtorno podem afetar diretamente sua adaptação e o seu funcionamento social, acadêmico e/ou laboral. Através de uma abordagem psicoterapêutica, com o auxílio de ferramentas tecnológicas, podem ser estabelecidas estratégias para lidar com os sintomas do TDAH, atuando como treinamentos cognitivos para atenuação dos mesmos. Nesse contexto, o presente trabalho busca desenvolver um Jogo Sério aliado a Interface Cérebro-Computador (ICC) que seja capaz de identificar o estado mental de atenção da pessoa jogadora e aplicá-lo em forma de controle para o jogo. A partir da validação da eficácia do controle com base nos níveis de atenção, busca-se possibilitar o treinamento de habilidades de autorregulação e sustentação da atenção. O jogo desenvolvido conta com uma atividade principal baseada em jogos do estilo “corrida infinita”, onde a velocidade do personagem é controlada a partir do estado mental de atenção. Além disso, possui duas atividades complementares, sendo uma de concentração e outra de relaxamento. A partir dos testes, foram investigadas a adequação do equipamento de ICC na classificação do nível de atenção em diferentes pessoas usuárias e a capacidade do jogo de aumentar o nível de atenção da pessoa jogadora ao longo de sua utilização. Com base nos resultados obtidos, foi possível validar a eficácia do jogo aliado ao dispositivo ICC em identificar e aplicar o estado mental de atenção no controle do jogo, além de confirmar o seu potencial para o aprimoramento das habilidades de atenção, sendo uma solução acessível, capaz de engajar e estimular. Trabalhos futuros envolvem a aplicação de mais sessões de testes, para um maior acompanhamento do aprimoramento da atenção através do jogo, além da validação do sistema com pessoas diagnosticadas com TDAH.

Palavras-chave: Jogos Sérios, Interface Cérebro-Computador, Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade, *Neurofeedback*.

ABSTRACT

MONTEIRO, Giulia Tondin. **Brain-Computer Interface integrated into a Serious Game for attention training**. 2022. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande.

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is a neurodevelopmental disorder, its symptoms manifest since childhood, mainly in the cognitive functions of different categories of attention, such as the maintenance and self-regulation. The concentration difficulties faced by the population with this disorder can directly affect their adaptation and their social, academic and/or labor functioning. Through a psychotherapeutic approach, with the help of technological tools, strategies can be established to deal with the symptoms of ADHD, acting as cognitive training to attenuate them. In this context, this work seeks to develop a Serious Game allied to Brain-Computer Interface (BCI) able to identify the mental state of attention of the player and apply it in the form of control to the game. From the validation of control effectiveness based on levels of attention, it aims to enable the training of self-regulation skills and sustaining of attention. The developed game features a main activity based on “endless runner” games, where the speed of the character is controlled from the mental state of attention. Furthermore, it has two complementary activities, one of concentration and the other of relaxation. From the tests, was investigated the adequacy of the BCI equipment in the classification of the level of attention in different users and the ability of the game to increase the level of attention of the player throughout its use. Based on the results obtained, it was possible to validate the effectiveness of the game allied to the BCI device in identifying and applying the mental state of attention in the control of the game, as well as confirm its ability to improve attention skills, being an affordable solution, able to engage and stimulate. Future works involve the application of more test sessions, for a greater monitoring of the improvement of attention through the game, as well as the validation of the system with people diagnosed with ADHD.

Keywords: Serious Games, Brain-computer Interface, Attention Deficit Hyperactivity Disorder, Neurofeedback.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Critérios de diagnóstico nos conjuntos DSM-5 e CID-10	20
Figura 2	Divisão do Sistema Nervoso Central	23
Figura 3	Principais áreas do córtex pré-frontal para regulação da atenção e planejamento	24
Figura 4	Componentes de um neurônio biológico	24
Figura 5	Bandas de frequência e estados mentais dos ritmos cerebrais	26
Figura 6	Esquema das etapas do processo de um sistema ICC	27
Figura 7	Posicionamento dos eletrodos utilizando o Sistema Internacional 10-20	28
Figura 8	Fluxograma do processo de seleção dos estudos	33
Figura 9	Posicionamento dos eletrodos dos headsets NeuroSky seguindo o Sistema 10-20	38
Figura 10	Design do jogo utilizando Unified Game Canvas	40
Figura 11	Esquema da coleta de recompensas no jogo	42
Figura 12	Fluxo do jogo	44
Figura 13	Tela Login	44
Figura 14	Tela Menu	45
Figura 15	Tela Conexão	45
Figura 16	Tela Corrida	46
Figura 17	Tela Corrida - Menu e Fim de jogo	46
Figura 18	Tela Coleta de Recompensa	47
Figura 19	Tela Atividade Bônus	48
Figura 20	Fluxo das atividades realizadas nas sessões de teste	50
Figura 21	Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 1	53
Figura 22	Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 2	54
Figura 23	Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 3	55
Figura 24	Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 4	55
Figura 25	Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 5	56
Figura 26	Gráfico boxplot das médias do nível de atenção nas corridas 1 e 2	59
Figura 27	Gráficos dos níveis de atenção da PV4 nas corridas 1 e 6	60
Figura 28	Gráficos dos níveis de atenção da PV9 nas corridas 1 e 6	61
Figura 29	Gráfico do nível de atenção x progresso da barra (PV4)	62
Figura 30	Gráfico do nível de meditação x progresso da barra (PV4)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Visão geral dos estudos selecionados	33
Tabela 2	Classificação dos estados mentais em relação a intensidade no algoritmo eSense	39
Tabela 3	Valores adicionados/subtraídos da velocidade do personagem de acordo com o nível de atenção captado e a sua relação com o valor das moedas coletadas	41
Tabela 4	Missões do tipo 1 e suas respectivas recompensas	42
Tabela 5	Missões do tipo 2 e suas respectivas recompensas	42
Tabela 6	Valores adicionados/subtraídos da barra de progresso de acordo com o nível de atenção/meditação captado	43
Tabela 7	Média do nível de atenção para cada uma das ações do bloco 1	57
Tabela 8	Média e proporção do nível de atenção ao longo da 1ª corrida (sem som)	58
Tabela 9	Média e proporção do nível de atenção ao longo da 2ª corrida (com som)	58
Tabela 10	Média do nível de atenção de cada voluntário em cada corrida	59
Tabela 11	Frequência de cada escala de concordância das afirmações do questionário SUS	63
Tabela 12	Resultado da avaliação de usabilidade de cada pessoa voluntária (PV)	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CID-10	Classificação Internacional de Doenças
DSM-5	Manual de Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais, quinta edição
EEG	Eletroencefalograma
FE	Funções Executivas
ICC	Interface cérebro-computador
JS	Jogos Sérios
SNC	Sistema Nervoso Central
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TDAH	Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade

SUMÁRIO

1	Introdução	14
1.1	Motivação	14
1.2	Objetivos e contribuições esperadas	16
1.3	Estruturação do trabalho	17
2	Fundamentação Teórica	18
2.1	Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade	18
2.1.1	Processo de diagnóstico	19
2.1.2	Mecanismos atencionais	20
2.1.3	Abordagens de tratamento	21
2.2	Interface Cérebro-Computador	22
2.2.1	As bases biológicas da atenção	22
2.2.2	Ritmos cerebrais e estados psicológicos	25
2.2.3	Técnicas e caminhos comunicativos	27
2.3	Jogos sérios	29
2.3.1	Elementos essenciais dos jogos	30
2.3.2	Motor de jogos	31
3	Trabalhos relacionados	32
4	Caminhos percorridos	37
4.1	Sistema <i>neurofeedback</i>	38
4.2	Jogo desenvolvido	39
4.2.1	Características do Jogo	39
4.2.2	Interface do jogo	44
4.3	Avaliação da solução	48
4.3.1	Coleta de dados	48
4.3.2	Configuração do ambiente de teste	49
4.3.3	Sessões de aplicação	49
4.3.4	Teste piloto	50
5	Resultados e discussões	52
5.1	Perfil das pessoas voluntárias	52
5.2	Desempenho a partir da instrução verbal	52
5.3	Desempenho durante o jogo	57
5.4	Atividades de recompensa e relaxamento	61
5.5	Usabilidade e experiência	62

6	Considerações finais	66
	Referências	68
	Apêndice 1	73
	Apêndice 2	76

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação de mestrado teve como objetivo o desenvolvimento de um Jogo Sériado aliado a Interface Cérebro-Computador e a análise da sua capacidade de controle do jogo e possíveis contribuições para atuar como uma ferramenta de apoio para o aprimoramento da função cognitiva de atenção em pessoas com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). A fim de contextualizar a proposta, neste capítulo são apresentadas questões relacionadas ao TDAH e como os jogos e sistemas de Interface Cérebro-Computador podem estimular cognitivamente uma pessoa. Também são apresentados os objetivos deste trabalho, assim como as contribuições esperadas e a estruturação do mesmo.

1.1 Motivação

O Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é um transtorno de neurodesenvolvimento que engloba em sua tríade sintomatológica fatores de desatenção, hiperatividade e/ou impulsividade. Segundo Girão e Colaço (2018), os déficits apresentados por esse transtorno manifestam-se desde a infância e estão relacionados a habilidades de interação e de comunicação que afetam diretamente a adaptação da pessoa e o seu funcionamento social, acadêmico ou laboral.

De acordo com a American Psychiatric Association (2014), o TDAH é um dos transtornos mais comuns em crianças em idade escolar, totalizando 5% dessa população. Os maiores déficits enfrentados por essa parcela manifestam-se nas funções cognitivas das diferentes categorias de atenção, apresentando dificuldades em manter e autorregular as mesmas, sobretudo em tarefas que requerem foco e maior organização. Segundo Maia e Confortin (2015), os problemas de concentração e reflexão enfrentados durante a fase escolar afetam o progresso pedagógico, aumentando os índices de reprovação e evasão escolar.

Porém, as dificuldades enfrentadas por essa população persistem além da escola. Observou-se que proximamente 60% das crianças com TDAH continuam manifestando sintomas na idade adulta. De acordo com Castro e Lima (2018), nessa nova fase, pes-

soas com esse transtorno podem expressar uma maior probabilidade de desemprego e um maior bloqueio para relacionamentos interpessoais no trabalho.

O TDAH não possui cura até o momento, entretanto os tratamentos realizados buscam diminuir a intensidade e a frequência dos sintomas para que essa população obtenha uma melhor qualidade de vida. Uma abordagem de tratamento muito comum é realizada através de medicamentos que estimulam o Sistema Nervoso Central (SNC), responsável pelo processo cognitivo de atenção, para que ocorra um aumento no número de neurotransmissores. Porém, o uso excessivo dessas medicações pode causar efeitos colaterais que afetam o dia-a-dia da pessoa com TDAH, além de poder causar dependência.

O campo de pesquisa da Neurociência, área responsável por estudar as funções e os processos cognitivos do SNC, teve um grande impulso ao utilizar diferentes tecnologias para auxiliar no entendimento dos processos e estímulos mentais. Essas tecnologias tornam possível a utilização dos sinais cerebrais na interação com sistemas de computadores de forma direta, além de possibilitar análises aprofundadas sobre as áreas responsáveis pela memória, foco, tomada de decisão e atenção. A aplicação desses diferentes aparatos tecnológicos no estudo do SNC tornou possível a utilização dos mesmos em novas abordagens de tratamento.

Sistemas Interface Cérebro-Computador (ICC) são sistemas baseados em *neurofeedback* que possuem como objetivo detectar os sinais cerebrais na superfície cortical ou áreas subcorticais cerebrais e utilizá-los como meio de controle, criando uma via de comunicação entre o SNC e algum outro dispositivo. O Eletroencefalograma (EEG) é um método não invasivo capaz de captar e estimular de forma simples a atividade elétrica cerebral por meio de eletrodos colocados sobre a cabeça. Segundo Barbosa (2012), o fácil acesso, o baixo custo e a portabilidade desse recurso permitiram que o Eletroencefalograma se tornasse o principal método utilizado por sistemas ICC para registro do sistema neural. A aplicação conjunta de EEGs com outras tecnologias possibilitaram a sua utilização como ferramenta de apoio em diversos tratamentos psicoterapêuticos.

Um dos aliados de sistemas ICC são os chamados *Serious Games* ou Jogos Sérios (JS). De acordo com Theodorio et al. (2020), esses jogos são capazes de estimular as funções cognitivas da pessoa jogadora, ao mesmo tempo que a diverte. Além disso, segundo o estudo de Oliveira et al. (2013), esses jogos possuem o potencial de mudar o comportamento, motivar e proporcionar os sentimentos de capacidade e autonomia na pessoa praticante, além de estimular suas capacidades de atenção, tomada de decisão e autocontrole.

Nesse contexto, a utilização de sistemas baseados em *neurofeedback* juntamente com Jogos Sérios pode estimular cognitivamente uma pessoa com TDAH e aprimorar a sua capacidade de atenção, ao mesmo tempo que propicia um ambiente com maior controle da eficácia dos resultados ao longo do tempo. Essa solução pode atuar como uma ferramenta de apoio para a reabilitação neuropsicológica, capaz de diminuir a intensidade dos

sintomas, promovendo o controle cognitivo e comportamental de forma mais confortável e lúdica.

1.2 Objetivos e contribuições esperadas

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um Jogo Sérioso controlado por *feedbacks* advindos de uma Interface Cérebro-Computador. A partir da identificação do estado mental de atenção da pessoa jogadora, o jogo deveria ser capaz de fornecer *feedbacks* visuais e de controle para o jogo. Busca-se através da utilização de mecânicas baseadas em *neurofeedback* possibilitar às pessoas jogadoras praticar as suas habilidades de autorregulação do foco e sustentação de atenção para que essas habilidades tornem-se mais consistentes.

Para atingir os objetivos deste estudo, as seguintes etapas foram necessárias:

- Apresentar os resultados da revisão sistemática produzida sobre o âmbito de pesquisa;
- Projetar e implementar um jogo que utilize os dados captados por um equipamento EEG escolhido;
- Demonstrar a definição do protocolo de treinamento que utiliza o nível de atenção da pessoa jogadora;
- Relatar a seleção de voluntários para o teste da solução;
- Apresentar a elaboração e aplicação de sessões de teste e questionários;
- Discorrer sobre a análise das respostas dos questionários e dados obtidos pelo EEG durante as sessões, a fim de validar o sistema.

Para compreender se é possível aprimorar, a partir da prática do jogo, as habilidades de autorregulação do foco e sustentação da atenção, as análises e avaliação dos resultados obtidos através do jogo desenvolvido devem confirmar as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 (H1): *A classificação do nível de atenção a partir do equipamento de Interface Cérebro-Computador se adapta adequadamente nas diferentes pessoas usuárias.*

Hipótese 2 (H2): *O nível de atenção e a capacidade de sustentação da pessoa usuária irá aprimorar-se ao longo da utilização do jogo.*

A principal contribuição obtida a partir deste estudo é a validação do controle do Jogo Sérioso a partir dos níveis de atenção e relaxamento das pessoas jogadoras, para que em possíveis trabalhos futuros o mesmo seja aplicado como uma ferramenta de apoio para o

tratamento psicoterapêutico de crianças com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH). Além disso, o estudo contribui com o âmbito de pesquisa investigado a partir da revisão sistemática da literatura, reunindo os estudos mais recentes que aplicaram de forma conjunta Jogos Sérios e dispositivos de Interface Cérebro-Computador para apoiar a reabilitação neuropsicológica de pessoas com TDAH.

1.3 Estruturação do trabalho

Para realização dos objetivos estabelecidos, este trabalho está estruturado em 6 capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a contextualização da pesquisa, o problema foco e a motivação, assim como os objetivos de pesquisa.

O Capítulo 2 delinea os conceitos necessários para o desenvolvimento da pesquisa, divididas por áreas, sendo elas: Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade, Interface Cérebro-Computador e Jogos Sérios.

O Capítulo 3 apresenta as principais informações obtidas através da Revisão Sistemática elaborada durante a pesquisa, que reuniu os trabalhos publicados entre 2010 e 2020 dentro da área definida.

O Capítulo 4 define a metodologia adotada e os caminhos percorridos para o desenvolvimento da solução, apresentando sua interface e suas funcionalidades. Ao final deste capítulo, são discurridos os métodos aplicados para a coleta de dados e avaliação da jogo desenvolvido.

O Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos a partir dos dados experimentais coletados nas sessões de teste e são validadas as hipóteses anteriormente apresentadas. Neste capítulo é apresentado o perfil dos voluntários que testaram a solução e são realizadas as seguintes análises: desempenho do voluntário a partir de uma instrução verbal, desempenho do voluntário durante o jogo, o funcionamento das atividades extras do jogo e os resultados de usabilidade da solução.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais sobre os resultados do projeto, suas contribuições, assim como o potencial tanto da área de pesquisa quanto da tecnologia desenvolvida, apresentando ao final sugestões de trabalhos futuros, que podem ser desenvolvidos a partir deste.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo são discorridos os conceitos necessários para a contextualização e para o desenvolvimento da pesquisa. Primeiramente, são apresentados os primeiros estudos que introduziram o conceito de Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade, os critérios envolvidos no processo de diagnóstico e as suas possíveis abordagens de tratamento, além dos mecanismos atencionais envolvidos nos processos cognitivos. Para o embasamento dos processos envolvidos nos sistemas de Interface Cérebro-Computador, são fundamentadas as bases biológicas envolvidas no estado de atenção, os ritmos cerebrais e os estados psicológicos relacionados aos mesmos. Após, são aprofundadas as técnicas e caminhos comunicativos dos sistemas ICC. Por fim, são apresentadas as características fundamentais dos jogos, o potencial de ativação dos sistemas neurológicos que os jogos possuem e as plataformas disponíveis para desenvolvimento dos mesmos.

2.1 Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade

De acordo com Vinuesa (2017), a primeira descrição científica relacionada ao Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) foi realizada em um estudo publicado em 1902 pelo pediatra inglês George Still. Nesse artigo, o transtorno foi descrito como a existência de um impedimento moral em algumas crianças relativo a aceitação de regras e limites que resultavam em uma falta de controle de comportamento e traços de desatenção. Esse transtorno passou por diferentes denominações ao longo da história.

Na década de 40 era considerado uma lesão cerebral, alegando que possíveis lesões nas vias do Sistema Nervoso eram a causa das alterações existentes. Após alguns anos, teve sua definição modificada para afirmar que essas alterações estavam mais relacionadas a disfunções nas vias do que lesões, passando a ser descrito como uma “Disfunção cerebral mínima” entre as décadas de 1950 a 1970. Na segunda edição do Manual de Diagnóstico e Estatístico das Doenças Mentais (DSM) (1968), foi introduzido o conceito de hiperatividade e diminuição de níveis atencionais sob a denominação de “Reação Hiper-cinética da Infância”.

Girão e Colaço (2018) afirmam que diversas análises levaram ao que hoje é conhecido

como TDAH, assumindo essa nomenclatura apenas em 1994, quando foi reconhecido como um “distúrbio de comportamento de causas genéticas” na quarta edição do DSM. Atualmente, em sua quinta edição, o Manual de Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (2014) caracteriza o TDAH como um transtorno de neurodesenvolvimento, visto que seus sintomas tipicamente são manifestados cedo no desenvolvimento da criança, afetando o funcionamento pessoal, social e/ou acadêmico da mesma. O DSM-5 provê critérios determinísticos para a realização de diagnósticos em pessoas com TDAH.

2.1.1 Processo de diagnóstico

Para ser realizado, os critérios de diagnóstico de TDAH apresentados pelo DSM-5 estabelecem que os sintomas apresentados devem afetar diretamente o funcionamento e o desenvolvimento social, acadêmico ou laboral da pessoa por pelo menos seis meses em mais de um contexto (American Psychiatric Association, 2014, p. 59). O DSM-5 fornece uma lista de dezoito sintomas principais, referentes a desatenção, hiperatividade e impulsividade, além de permitir três tipos possíveis de classificação: predominantemente desatenta, predominantemente hiperativa/impulsiva e combinada. Para concluir o diagnóstico, pessoas com até 17 anos de idades necessitam apresentar pelo menos seis desses sintomas de forma persistente e acima dessa idade, no mínimo cinco.

A Organização Mundial da Saúde (1996) definiu critério similares a esses na décima revisão da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde, também conhecida como CID-10. Essa ferramenta epidemiológica apresenta o TDAH sob a denominação “Transtorno Hiperkinético” e, diferentemente do DSM-5, essa classificação impõe que para o diagnóstico ser realizado, uma pessoa precisa apresentar comprometimentos tanto na atenção quanto manifestar sintomas de hiperatividade em mais de um contexto. Além disso, os sintomas devem aparecer antes dos 6 anos de idade.

Recomenda-se a utilização conjunta do DSM-5 e do CID-10 no processo de diagnóstico de TDAH, sendo esse um procedimento completamente clínico que se baseia no compartimento da pessoa analisada e nas informações obtidas através de outras fontes. Na Figura 1, os principais critérios dos dois conjuntos de classificação são apresentados.

Segundo Couto et al. (2010), frequentemente, esse transtorno só é percebido e diagnosticado na fase escolar, pois seus sintomas tornam-se mais evidentes nesse período, quando comparado o comportamento de crianças com TDAH com outras crianças da mesma idade e no mesmo ambiente. Cruz (2017, p. 17) afirma que o diagnóstico de TDAH em crianças pré-escolares é mais difícil “visto que crianças saudáveis menores do que 7 anos de idade manifestam características que estão incluídas nos sintomas do transtorno[...]”. Na escola, atividades de atenção ou esforço mental constante, entre outras dinâmicas comuns do processo de ensino-aprendizagem, tornam evidentes e agravam as manifestações desse transtorno, tornando atividades como a leitura de materiais, realização de deveres escolares ou resolução de atividades constantes tarefas difíceis.

Figura 1: Critérios de diagnóstico nos conjuntos DSM-5 e CID-10

DSM-5	CID-10
DESATENÇÃO • Dificuldade em prestar atenção em detalhes e erros por descuido; • Dificuldade em manter a atenção em tarefas lúdicas; • "Não escutar" quando alguém lhe dirige a palavra; • Dificuldade em seguir instruções de forma completa e finalizar atividades; • Dificuldade para organizar tarefas; • Evitar o envolvimento em tarefas que exijam esforço mental prolongado; • Perder coisas; • Facilmente se distrai por estímulos externos, esquecimento de atividades cotidianas.	• Atenção comprometida: interrompe tarefas prematuramente, deixa tarefas inacabadas; crianças mudam frequentemente de uma atividade para outra, parecendo perder o interesse em uma tarefa porque se distraem com outras;
HIPERATIVIDADE/IMPULSIVIDADE • Remexer ou bater as mãos ou pés ou mesmo se contorcer na cadeira; • Levantar em situações em que o esperado é permanecer sentado; • Correr ou subir em objetos em situações inapropriadas; • Incapacidade de envolvimento em atividade de lazer de forma calma; • Falar demais; • Responder antes que a pergunta tenha sido concluída, dificuldade para esperar a vez, interromper.	• Presença de hiperatividade: inquietação excessiva; correr, pular ou levantar do lugar quando é esperado ficarem sentadas; loquacidade excessiva; o padrão para julgamento deve ser que a atividade é excessiva no contexto do que é esperado na situação e por comparação com outros indivíduos da mesma idade e quociente intelectual (QI); • Estes déficits devem ser considerados se forem excessivos para a idade e QI da criança; • Aspectos associados não são suficientes ou necessários para o diagnóstico (dificuldades de aprendizagem, desinibição em relacionamentos, imprudência); • As dificuldades devem ter início precoce e longa duração. O diagnóstico pode ser feito na vida adulta, respeitando as normas apropriadas do desenvolvimento.

Fonte: Adaptada de Castro e Lima (2018).

As Funções Executivas e os subtipos de atenção são os processos cognitivos mais afetados pelo Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade e podem gerar, além de dificuldades de aprendizagem, problemas de socialização e comportamentos inadequados. Como definido por Cruz (2017), a atenção possibilita o foco em um ou mais estímulos de forma voluntária e consciente, sem que os outros estímulos interfiram.

O processo cognitivo de atenção e os efeitos do TDAH sobre esse processo serão o foco deste trabalho, logo, como base para o desenvolvimento do estudo, os mecanismos atencionais serão aprofundados a seguir, enquanto que as bases biológicas da atenção, serão abordadas na subseção 2.2.1.

2.1.2 Mecanismos atencionais

Segundo William James (1890, p. 403) a atenção “é a tomada de posse pela mente, de forma clara e vívida, de um entre os muitos objetos ou cadeias de pensamento simultaneamente possíveis[...]”. Nessa definição, James delineia as principais características do processo cognitivo de atenção: a capacidade de focalizar de forma voluntária, consciente e seletiva. Nesse estudo, é discutido sobre a necessidade da redução da interferência dos muitos objetos expostos aos sentidos para que seja possível lidar de forma eficaz com

outros.

James (1890) diferenciou a atenção em duas categorias: ativa e passiva. A primeira, descreve a capacidade de concentrar-se e manter a atenção através de um esforço mental voluntário, enquanto que a segunda, refere-se a atenção involuntária dada a estímulos externos de forma espontânea. Após esse estudo, outras classificações da atenção foram propostas, levando em consideração o modo que a mesma é direcionada, ampliada e operacionada. De acordo com Simões (2014), essas classificações podem ser organizadas em dois grandes grupos: teorias de seleção tardia e teorias da seleção inicial.

A primeira teoria foi proposta por Broadbent (1958) e representou o mecanismo de atenção como um filtro de estímulos, provenientes de um meio, que controla e limita a capacidade de processamento de informações pela atenção. Após, o modelo foi reformulado para definir a atenção como um processo de atenuação das informações, visto que, de acordo com Simões (2014), a limitação do processamento era resultante das limitações do sistema de resposta da pessoa e não do sistema perceptivo.

As classificações do grupo da teoria da seleção inicial representaram o mecanismo de atenção como um sistema de processamento paralelo, tendo cada parte do sistema seu próprio recurso de atenuação dos estímulos. Segundo Simões (2014), esse grupo de propostas busca demonstrar a capacidade de uma pessoa em processar diferentes estímulos ao mesmo tempo de forma não conflitante e prejudicial.

De acordo com Vieira (2017), além desses dois grupos, é possível segmentar a atenção em três tipos: sustentada, dividida e seletiva. O primeiro tipo, classifica a atenção em relação a capacidade de manter o foco de atenção por longos períodos de tempo. O segundo, refere-se a capacidade de compartilhar a atenção em diversos estímulos ao mesmo tempo. Por fim, o terceiro tipo classifica a capacidade de concentração em um único estímulo, ignorando os demais estímulos ao seu redor.

Déficits relacionados a essas subdivisões geram uma maior dificuldade em manter e autorregular a atenção, além de poder causar comportamentos impulsivos, afetando negativamente habilidades cognitivas, memória de curto prazo e de trabalho, além da velocidade de processamento de informações e de tempo de resposta. Todos esses efeitos podem causar dificuldades de adequação da pessoa com TDAH tanto na vida acadêmica, provocando problemas de aprendizagem, quanto na vida profissional.

2.1.3 Abordagens de tratamento

Podem ser conduzidas abordagens farmacológicas ou psicoterapêuticas para a diminuição da frequência e intensidade dos sintomas do TDAH. Essas abordagens podem ser aplicadas de forma isolada ou conjunta. No Brasil, atualmente, o cloridrato de metilfenidato e o dimesilato de lisdexanfetamina são os tratamentos medicamentosos para o TDAH aprovados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), porém a incorporação dos mesmos no tratamento do TDAH em crianças e adolescentes atualmente

não é recomendada pela Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS (2021). Além disso, a portaria SMS/G nº 986/2014, publicada pela cidade de São Paulo, descreve que a utilização excessiva de medicamentos pode resultar em efeitos adversos, como piora na impulsividade e consequências negativas na autoestima da criança.

Tratamentos psicoterapêuticos vem apresentando notáveis avanços no desenvolvimento de processos cognitivo de pessoas com TDAH. Segundo Effgem et al. (2017), essa abordagem permite um melhor entendimento sobre os sintomas enfrentados e auxilia na elaboração de estratégias para lidar com esse transtorno, sendo capaz de transformar o comportamento de pessoas diagnosticadas com o mesmo. Essa abordagem pode ser baseada em um treinamento cognitivo voltado para os déficits relacionados ao TDAH e atuar como uma reabilitação neuropsicológica.

Essa última abordagem pode ter a tecnologia como uma aliada no processo de reabilitação. Diversas ferramentas tecnológicas podem ser utilizadas como instrumentos psicoterapêuticos, oferecendo aparatos e ambientes confiáveis e atrativos para a avaliação e aprimoramento das funções executivas. De acordo com Oliveira et al. (2013), a reabilitação neuropsicológica pode ser mais eficaz do que tratamentos medicamentosos, pois a mesma é capaz de diminuir a frequência e a intensidade dos sintomas manifestados, ao mesmo tempo que contorna os efeitos colaterais do uso excessivo de remédios.

2.2 Interface Cérebro-Computador

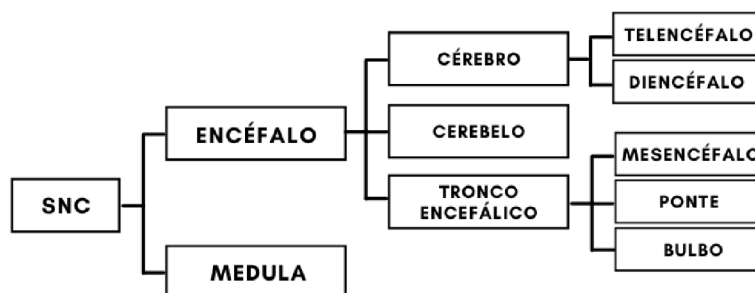
Wolpaw et al. (2002) define uma Interface Cérebro-Computador (ICC) como um canal de comunicação direta entre o Sistema Nervoso Central (SNC) e um dispositivo externo. Para realizar essa comunicação, podem ser aplicados diferentes métodos de captação e monitoramento das atividades cerebrais, tais como Eletrocorticografia (ECoG), Magnetoencefalografia (MEG), Imageamento por ressonância magnética funcional (IRMf) e Eletroencefalograma (EEG), sendo esse último o método mais utilizado por sistemas ICC. De acordo com Barbosa (2012), a predileção por esse método se deve ao fato da sua precisão temporal, portabilidade e baixo custo. Um EEG registra os sinais emitidos pelo SNC através de eletrodos normalmente aplicados sobre o couro cabeludo. Porém, para que o funcionamento desses sistemas seja compreendido, é preciso primeiramente entender as bases neurais que geram os sinais captados por essas interfaces.

2.2.1 As bases biológicas da atenção

No livro *Anatomia e Fisiologia: a incrível máquina do corpo humano*, Oliveira e Neto (2015) esquematizam a composição do Sistema Nervoso Central como apresentado na Figura 2. O SNC é composto pelo encéfalo e pela medula espinhal e compreende um complexo sistema do corpo humano, responsável pelo processamento e transmissão de informações e estímulos pelo corpo. Como descrito por Oliveira e Neto (2015, p.

41) o cérebro “é o órgão mais importante do sistema nervoso, pois é ele que controla os movimentos, recebe e interpreta os estímulos sensitivos, coordena os atos da inteligência, da memória, do raciocínio e da imaginação”.

Figura 2: Divisão do Sistema Nervoso Central



Fonte: Adaptada de Oliveira e Neto (2015).

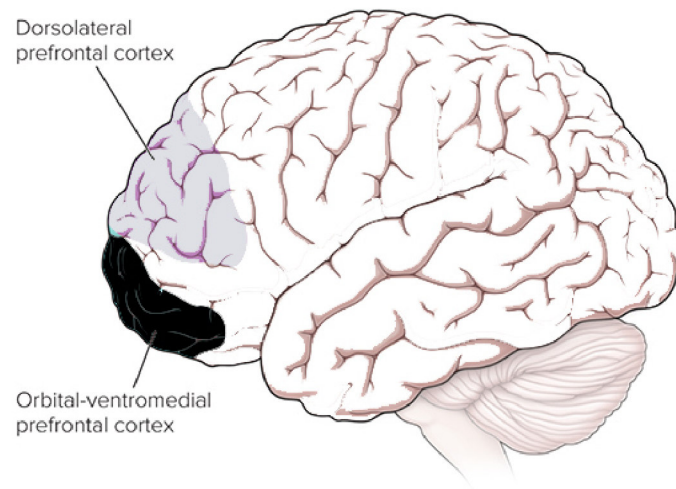
O cérebro é composto por segmentos de massas brancas e cinzentas. A coloração, segundo Oliveira e Neto (2015), relaciona-se com a quantidade de concentração de axônios, que compõe as células nervosas, também conhecidas como neurônios. A região cinzenta do cérebro envolve toda a superfície do cérebro e é chamada de córtex cerebral. Visto que essa região possui uma grande concentração de neurônios, ela é a área de maior processamento neural.

O telencéfalo, que faz parte do cérebro, é composto por duas massas laterais conhecidas como “hemisférios cerebrais”. Em cada um dos hemisférios são apresentados três polos: frontal, temporal e occipital. Cada hemisfério pode ser dividido em quatro lobos: frontal, temporal, parietal e occipital. O lobo frontal abrange a maior área do telencéfalo e fica situado na parte da frente do cérebro, na região do rosto conhecida como “testa”. Essa área lida diretamente com diversas habilidades cognitivas.

O córtex pré-frontal é uma área anterior não motora do lobo frontal. Segundo Almeida et al. (2018), essa região é responsável pela capacidade de planejamento e tomada de decisões, além da regulação da intensidade do foco de atenção, principalmente através de duas subregiões: área pré-frontal dorsolateral e a orbito-ventromedial (Figura 3). Como descrito por Almeida et al. (2018), a primeira subregião é responsável pela seleção e manutenção das respostas de atenção, enquanto que a segunda é encarregada de controlar a modulação de impulsos e da memória de trabalho. Além disso, a área pré-frontal dorsolateral relaciona-se com o desenvolvimento e o desempenho das Funções Executivas (FE) e a orbito-ventromedial, com as emoções. Disfunções nessas áreas podem ocasionar distraibilidade, impulsividade, impersistência e desinibição.

Os processos cognitivos são possíveis por causa das células nervosas, também conhecidas como neurônios. Como descrito por Schuh (2017), os neurônios são considerados as unidades morfofuncionais fundamentais do SNC, sendo imprescindíveis para

Figura 3: Principais áreas do córtex pré-frontal para regulação da atenção e planejamento

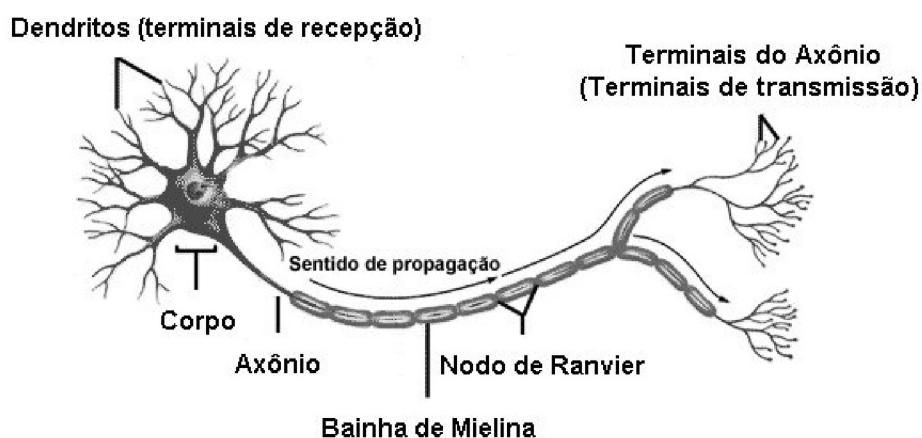


Fonte: Larsen et al. (2016).

a manutenção e desenvolvimento dos seres humanos. Essas células compõem as redes neurais e comunicam-se entre si.

Um neurônio é formado por dendritos, por um corpo celular e um axônio. Santana (2010, p. 27) descreve os dendritos como “principais receptores de sinais neurais”, esses recebem os impulsos nervosos através de prolongamentos (terminais de recepção) e em seguida os conduzem para o corpo celular. O corpo celular responsabiliza-se pelo processamento desses sinais recebidos, o qual provoca um impulso nervoso no axônio. O axônio responsabiliza-se pela condução dos impulsos nervosos para os terminais pré-sinápticos (de transmissão). Esses componentes podem ser observados através da Figura 4.

Figura 4: Componentes de um neurônio biológico



Fonte: Santana (2010).

Para propagar uma informação de um neurônio para outro, um terminal de transmissão não se conecta fisicamente com um terminal de recepção, mas realiza um processo cha-

mado de sinapse. Lopes et al. (1998, p. 170) descrevem as sinapses como:

“Pontos de comunicação pelos quais os neurônios pré-sinápticos, mediante os seus axônios, passam sinais para pontos alvos pós-sinápticos, que podem ser os dendritos, o axônio ou o corpo celular de outro neurônio, células musculares ou células glandulares.”

Um processo de sinapse pode ser elétrico ou químico. Lopes et al. (1998) especifica que no primeiro tipo, a transmissão de sinais elétricos entre os neurônios ocorre diretamente através de junções comunicantes. No segundo tipo, os sinais elétricos primeiramente são transformados em sinais químicos para serem transmitidos através da fenda sináptica para um receptor no neurônio pós-sináptico, e ao final os converte novamente em sinais elétricos.

Em uma sinapse química, os sinais convertidos em químicos são repassados por meio de vesículas sinápticas na forma de neurotransmissores. Uma sinapse química pode ser excitatória ou inibitória, em decorrência do neurotransmissor conduzido. Como descrito por Lopes et al. (1998), na primeira forma, o neurotransmissor liberado produz um sinal na membrana da célula pós-sináptica que resulta na sua despolarização, gerando o Potencial de Ação (PA), também chamados de impulsos nervosos. Na segunda forma, a junção do neurotransmissor causa uma mudança na permeabilidade de íons, produzindo um sinal na membrana da célula pós-sináptica que resulta na sua hiperpolarização, inibindo o Potencial de Ação.

De acordo com Monte et al. (2019), as redes compostas pelos neurônios podem se transformar e modificar o cérebro ao longo de todo desenvolvimento humano, essas alterações são conhecidas como plasticidade neural. Essa capacidade de mudança é mais intensa no que é conhecido como “Período Crítico”, chamado assim pois após essa fase, a recuperação de certas funções tornam-se difíceis. A plasticidade sináptica refere-se ao potencial de sinapses modificarem-se a partir de estímulos ambientais, de forma direta ou indireta.

Barbosa (2012, p. 16) consolida que o sinal elétrico captado por Interfaces Cérebro-Computador são resultantes do “somatório das correntes sinápticas induzidas por aferentes excitatórios em um conjunto de neurônios [...] localizados sob o eletrodo de registro”. Além disso, o autor afirma que apenas os neurônios piramidais apoiam de forma significativa o sinal registrado, sendo este o tipo de neurônio excitatório mais comum do córtex cerebral.

2.2.2 Ritmos cerebrais e estados psicológicos

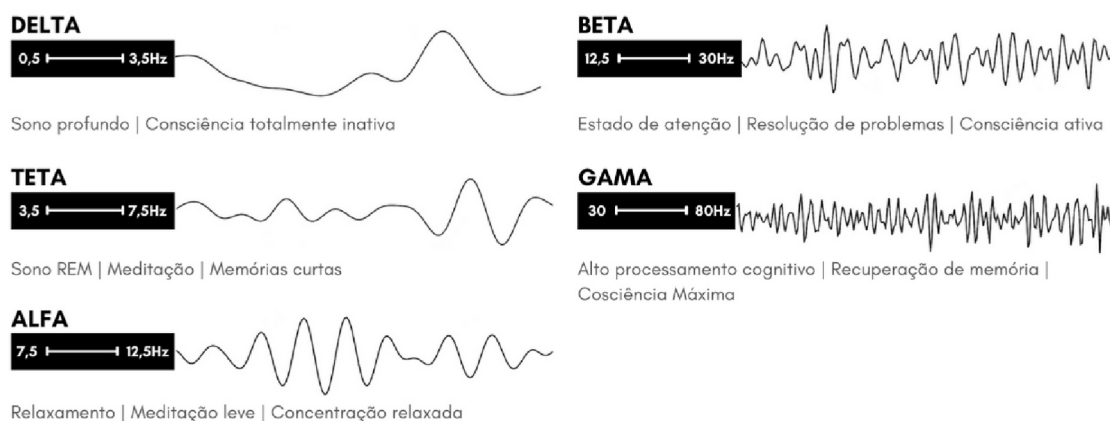
Os sinais elétricos transmitidos pelos neurônios possuem bandas de frequências que podem ser captadas e estudadas através de um dispositivo externo. Os equipamentos que realizam essa captação buscam identificar as informações cerebrais, referentes a tarefas cognitivas e os diferentes níveis de consciência, propagadas através da sinapse.

Esses sinais elétricos podem ser classificados e analisados de acordo com suas bandas de frequência, sendo elas: delta (δ), teta (θ), alfa (α), beta (β) e gama (γ). Casagrande (2019) descreve que os sinais elétricos da banda definida como delta oscilam entre 0,5 e 3,5Hz; enquanto os impulsos de teta oscilam entre 3,5 e 7,5Hz; de alfa, entre 7,5 e 12,5Hz; de beta, entre 12,5 e 30Hz; e de gama, variam entre 30 e 80Hz. As frequências acima de 80Hz podem ser classificadas como supergama.

De acordo com Anghinah et al. (1998), a oscilação dessas bandas pode ser representada graficamente por uma onda de uma determinada frequência decorrente da sobreposição de um conjunto de ondas de frequências diferentes. Ou seja, um sinal elétrico classificado como beta, por exemplo, pode ser composto por sub-ritmos de outras bandas de frequência, como alfa e gama.

Barbosa (2012, p. 18) afirma que conforme foram aprofundados os estudos referentes aos padrões de ondas, verificou-se a relação destas com diversos estados mentais. Na Figura 5, são demonstrados os principais estados de cada uma das bandas e como as mesmas são representadas graficamente.

Figura 5: Bandas de frequência e estados mentais dos ritmos cerebrais



Fonte: Autoria própria.

As frequências delta e teta são definidas como frequências baixas, a primeira mede entre 0 e 4 ciclos por segundo, enquanto que a segunda, entre 4 e 7 ciclos por segundo. A frequência alfa é considerada uma frequência média, pois mede entre 7 e 14 ciclos por segundo. A banda com maior frequência é a gama que pode medir diferentes ciclos por segundo dependendo de sua faixa, iniciando em 30Hz e podendo chegar a mais de 80Hz. De modo geral, a frequência beta mede entre 14 e 21 ciclos por segundo, porém ela pode ser dividida entre 3 tipos: beta baixo, sendo considerada uma frequência média que varia entre 12 e 15Hz; beta, considerada uma frequência alta que varia entre 16Hz e 20Hz; e beta alto, também definido como uma frequência alta que oscila entre 21Hz e 30Hz.

Segundo Casagrande (2019), a atividade beta é principalmente evidente quando uma

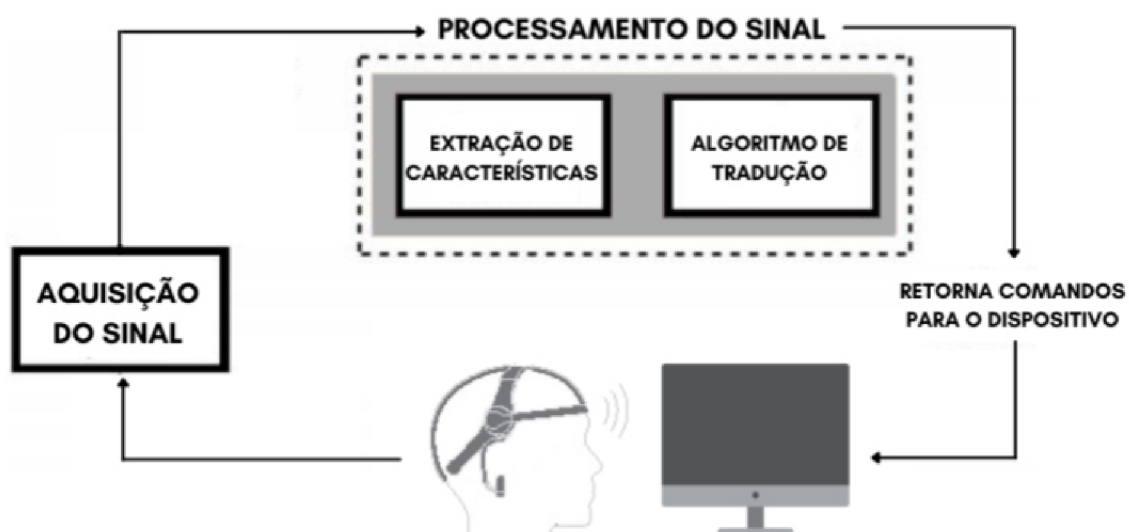
pessoa está concentrada ou recebendo algum estímulo sensorial. Além disso, afirma que as ondas gama também podem estar relacionadas a estados de atenção, por estar associada a tarefas de resolução de problemas e aprendizado. No mesmo estudo, Casagrande (2019) confirma que uma forma de treinamento para diminuir a desatenção e comportamentos hiperativos/impulsivos de pessoas com TDAH é a partir do treino “teta/beta”, onde busca-se atenuar a atividade da banda teta e aumentar a atividade da banda beta.

A seguir, serão apresentados as técnicas e os caminhos comunicativos capazes de captar e aplicar esses sinais cerebrais na interação com sistemas de computadores.

2.2.3 Técnicas e caminhos comunicativos

Como exposto anteriormente, uma Interface Cérebro-Computador (ICC) busca controlar um dispositivo externo a partir da comunicação direta com o Sistema Nervoso Central. Para isso ocorrer, primeiramente os sinais elétricos são obtidos através de eletrodos, em seguida é feito o processamento desses sinais e após, é realizada a aplicação dos dados obtidos. As etapas desse processo estão esquematizadas na Figura 6.

Figura 6: Esquema das etapas do processo de um sistema ICC

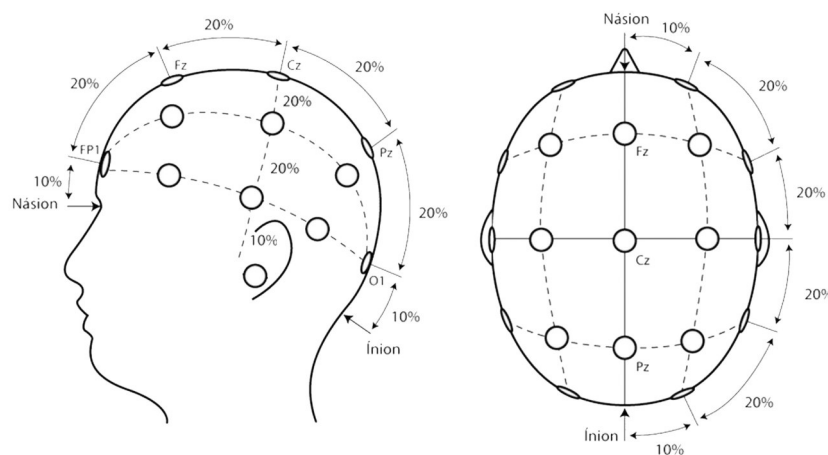


Fonte: Adaptada de Wolpaw et al. (2002).

A etapa de captação dos sinais em seres humanos pode ocorrer de forma invasiva e não invasiva. A abordagem invasiva posiciona os eletrodos diretamente na membrana que cobre o córtex cerebral através de uma cirurgia. Esse método obtém sinais elétricos de melhor qualidade, porém com um maior risco de provocar prejuízos a pessoa exposta. Enquanto que a abordagem não invasiva é de mais fácil acesso do que o primeiro método, porém os sinais elétricos captados sofrem uma maior interferência do que os captados pelo método invasivo.

Uma das abordagens não invasivas utilizadas por sistemas ICC é conhecida como Eletroencefalograma (EEG). Nesse método são posicionados eletrodos na cabeça da pessoa, distribuídos de acordo com as áreas do córtex cerebral importantes para a análise em questão. A distribuição dos eletrodos normalmente segue o Sistema Internacional 10-20, onde o crânio é dividido em 21 pontos distribuídos a uma distância de 10% e 20% das posições de referências, indo de *násion* a *ínion*, como pode ser observado na Figura 7. Segundo Casagrande (2019), esse sistema busca padronizar a distribuição de eletrodos em tamanhos de crânios diferentes.

Figura 7: Posicionamento dos eletrodos utilizando o Sistema Internacional 10-20



Fonte: Adaptada de Rodrigues (2018).

Após a aquisição dos sinais cerebrais, é realizada a etapa de processamento, onde ocorre a extração de características e classificação dos dados obtidos. Schuh (2017) descreve que durante essa etapa os sinais cerebrais passam por um processo de filtragem e cálculo da magnitude, para que as informações advindas desses sejam codificadas e em seguida, utilizadas pelo algoritmo de tradução, que interpreta essas informações e as decodifica em comandos no sistema. Esses comandos provocam *feedbacks*, sejam visuais, auditivos ou táteis, em dispositivos de saída, como computadores, próteses e outros equipamentos. Esses *feedbacks* compõem o que é conhecido como *neurofeedback*, uma categoria de *biofeedback*. Como apontado por Casagrande (2019), a utilização de *neurofeedback* possibilita o aprimoramento de funções de autorregulação do cérebro a partir da estimulação e observação de padrões da atividade cerebral, permitindo que a pessoa que o esteja recebendo controle a sua performance.

Visto a capacidade de controle e aprimoramento proporcionada pelo uso de tecnologias EEG, tratamentos e treinamentos foram desenvolvidos utilizando esse método. A expansão das possibilidades de aplicação utilizando esses equipamentos possibilitou o desenvolvimento de tecnologias baseadas na aplicação de eletrodos ativos secos.

Eletrodos ativos secos permitem a aplicação de forma rápida dos eletrodos, sem a

necessidade de preparação da pele. Devido a sua rápida configuração, geralmente são empregados em sistemas de Interface Cérebro-Computador. Esses dispositivos são conhecidos como *headsets* EEG e estão disponíveis para o mercado convencional. Esses *headsets* são constituídos por diferentes configurações, tanto em relação a quantidade de eletrodos que os mesmos possuem quanto dos módulos pré-instalados que permitem suas variadas aplicações.

Segundo Bos et al. (2020), um dos *headsets* mais populares e acessíveis disponível atualmente dentro desse área é o dispositivo de EEG MindWave, desenvolvido pela empresa NeuroSky Inc¹. Esse dispositivo é amplamente adotado visto a sua fácil comunicação com diversos dispositivos, seu baixo custo e seus algoritmos pré-definidos baseados em *neurofeedback* que facilitam a sua adaptação na aplicação com diferentes indivíduos.

2.3 Jogos sérios

O conceito de diversão é inerente a palavra “jogo”, mas o objetivo final dos Jogos Sérios (JS) não é o entretenimento. Como definido por Theodório et al. (2020), essa categoria de jogos possui como propósito ensinar, treinar e modificar comportamentos, aproveitando-se do potencial dos jogos de ativação dos sistemas neurológicos. Segundo Vasconcellos (2017), além da capacidade de mudar certos comportamentos das pessoas que os praticam, os mesmos promovem a socialização, a motivação e o desenvolvimento cognitivo de seus jogadores. Ramos e Segundo (2018) em seu estudo confirmam os múltiplos aspectos cognitivos estimulados através dos jogos:

“Dentre a gama de aspectos cognitivos que podem ser exercitados por meio da interação com jogos digitais, destacamos as funções executivas que envolvem o circuito neural do córtex pré-frontal e referem-se a funções cognitivas como a flexibilidade cognitiva, a inibição (autocontrole e autorregulação), a memória de trabalho, a resolução de problemas, o raciocínio e o planejamento” (Ramos e Segundo, 2018, p. 534).

Os Jogos Sérios são desenvolvidos para lidar com temas relevantes, buscando impactar o indivíduo e o seu meio além do jogo. Theodório et al. (2020) apresentaram em seu estudo diferentes Jogos Sérios desenvolvidos para auxiliar no processo de diagnóstico, aprendizado e tratamento de pessoas com TDAH. Na discussão levantada no estudo de Oliveira et al. (2019), os autores afirmam que esses jogos são capazes de “expandir o desenvolvimento da atenção, planejamento, controle inibitório, memória de trabalho, entre outras funções na criança com TDAH”. Porém, como apontado por Theodório et al. (2020), apesar da importância dessas ferramentas, no Brasil existe uma escassez de JS desenvolvidos para esse objetivo.

¹ www.neurosky.com/

Entre os Jogos Sérios já desenvolvidos, uma parcela utiliza como forma de controle dispositivos baseados em *neurofeedback*. De acordo com Oum (2010), a utilização de sinais de atividade cerebral para o controle de atividades em jogos pode desafiar a pessoa jogadora e suas habilidades cognitivas, melhorando sua performance e qualidade de vida. Além disso, pode ser utilizada para o estudo do comportamento da pessoa usuária, ao registrar e analisar os sinais cerebrais captados a partir de diferentes estímulos.

No caso de Jogos Sérios voltados para pessoas com TDAH, a utilização de uma Interface Cérebro-Computador como controlador de jogo destaca-se em comparação com a utilização de outros *joysticks*, visto sua capacidade de estimulação das capacidades de atenção. Nesses jogos, a pessoa jogadora precisa direcionar ativamente níveis elevados de atenção, captados e identificados por essas interfaces, para conseguir atingir objetivos. Alguns desses jogos serão apresentados na seção 3.

2.3.1 Elementos essenciais dos jogos

Os Jogos Sérios podem lidar com diferentes temas, como educação, saúde e meio ambiente, e ainda possuir todas as características comuns aos jogos. De acordo com McGonigal (2011), todos os jogos, independente de seu gênero e complexidade, possuem quatro características fundamentais: a existência de metas, regras, sistemas de *feedback* e participação voluntária. As metas fornecem um senso de objetivo, incentivando a pessoa jogadora, enquanto que as regras encorajam o pensamento estratégico. Os sistemas de *feedback* motivam a prática contínua. A participação voluntária define a aceitação dos três fatores anteriores, além da liberdade de entrar e sair de um jogo por vontade própria.

Essas quatro características estabelecem a base do que torna a utilização de jogos algo tão divertido. Jogos criam obstáculos que são aceitos de forma espontânea e são superados através do engajamento. Segundo McGonigal (2011), esse engajamento é gerado a partir da ativação dos sistemas neurológicos, tais como os sistemas de atenção, os centros de recompensas, emoção e memória. Porém, além dessas quatro características fundamentais, diversos outros elementos são necessários para o desenvolvimento de um jogo.

Segundo Silva e Bittencourt (2016), um *Game Design Canvas* (GDC) tem como objetivo sintetizar as principais ideias que orientam o desenvolvimento de um jogo, apresentando uma visão geral do projeto a ser desenvolvido. No estudo de Sarinho (2017), o autor propõe um game canvas unificado (ou *Unified Game Canvas* - UGC), que reúne em um único painel os eixos de informações mais comuns aos GDC analisados na sua pesquisa.

O UGC proposto possui oito eixos de informações. O primeiro eixo refere-se ao conceito do jogo, *Game Concept*, que indica o objetivo e a inspiração para o desenvolvimento do mesmo. O segundo eixo, *Game Player*, refere-se ao perfil de jogadores que o jogo vai atender, enquanto que o terceiro, chamado de *Game Play*, define a representação do jogo e as regras presentes dentro de um determinado ambiente. Segundo Sarinho (2017, p.

144), o eixo *Game Flow* refere-se ao “tempo do jogo experimentado pelo jogador”, enquanto que o eixo *Game Core* define os “elementos para a construção do jogo”, indicando a mecânica e dinâmica de ações, efeitos e a estética de seus componentes. O eixo *Game Interaction*, apresenta o ambiente que o jogo será executado, desde a sua implementação até sua plataforma de execução. Por fim, o *Game Impact* aponta o impacto que o jogo pode ter sobre a pessoa jogadora e o *Game Business* delinea as questões financeiras para o seu desenvolvimento.

A partir de um game canvas unificado é possível determinar e modelar os principais elementos presentes em um jogo, simplificando o processo de design até a definição inicial de implementação do mesmo.

2.3.2 Motor de jogos

Os Motores de Jogos (*Game Engines*) surgiram com o objetivo de facilitar o processo de desenvolvimento de jogos ao fornecer plataformas constituídas por conjuntos de bibliotecas que lidam com a renderização gráfica, física, dinâmica, sons e outros, permitindo assim que os desenvolvedores foquem principalmente na lógica do jogo. De acordo com Torres (2018), uma das *engines* mais utilizadas atualmente no desenvolvimento de jogos independentes é a plataforma Unity².

Essa plataforma foi apresentada pela Unity Technologies em 2005 e hoje pode ser utilizada para o desenvolvimento de diversos tipos de jogos, tanto em 2D quanto em 3D, além de ser possível gerar jogos multiplataformas, capazes de serem executados em computadores, navegadores e dispositivos móveis. Além disso, aceita *scripts* escritos nas linguagens de programação C# e JavaScript.

A Unity disponibiliza em seu site uma ampla documentação, com diversos tutoriais, oferecendo um ótimo suporte para quem deseja aprender a trabalhar com essa plataforma. Além disso, possui uma comunidade online de desenvolvedores bastante ativa, além de ser possível obter elementos gráficos para os jogos através da sua loja online.

² www.unity.com

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Foi elaborada pelas autoras desse estudo uma Revisão Sistemática da Literatura, publicada nos Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). Na revisão apresentada em Monteiro e Adamatti (2020), foram reunidos os trabalhos realizados entre 2010 e 2020 que aplicaram Jogos Sérios juntamente com ferramentas de *neurofeedback* para apoiar a reabilitação neuropsicológica de pessoas com TDAH. A Revisão Sistemática teve como questão principal de pesquisa a seguinte pergunta:

“Quais estudos foram desenvolvidos para avaliar a eficácia da aplicação de Jogos Sérios (JS) aliados a Interface Cérebro-Computador (ICC) como suporte para o tratamento de indivíduos com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH)?” (Monteiro e Adamatti, 2020, p. 754).

A partir dessa definição, foram estabelecidas palavras-chaves e critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos estudos mais atuais e avançados com relação a esta pesquisa. As palavras-chaves utilizadas foram: déficit de atenção, transtorno hiperativo, TDAH, Jogos Sérios, Interface Cérebro-Computador, ICC, Interface Cérebro-Máquina, ICM e *EEG-based*. Todas as palavras-chaves foram aplicadas na etapa de seleção tanto em português quanto em inglês. Foram investigadas seis bases de dados, sendo elas: Science Direct¹, SpringerLink², IEEEExplore³, Scopus⁴, SciELO⁵ e PubMed Central (PMC)⁶.

Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos para auxiliar no refinamento da etapa de seleção dos artigos relevantes para o estudo. Definiu-se como necessário para inclusão de um estudo na Revisão Sistemática que a pesquisa selecionada deveria aplicar um Jogo Sério juntamente com um dispositivo de Interface Cérebro-Computador e a mesma deveria trazer resultados a partir de testes aplicados com uma população com diagnóstico e/ou indicativo de TDAH. Esses critérios foram aplicados primeiramente durante a leitura dos resumos dos estudos, em seguida, aplicados na leitura da introdução e ao final na leitura completa do texto do estudo. O processo de refinamento da seleção das pesquisas pode ser observado na Figura 8.

¹ www.sciencedirect.com

² link.springer.com

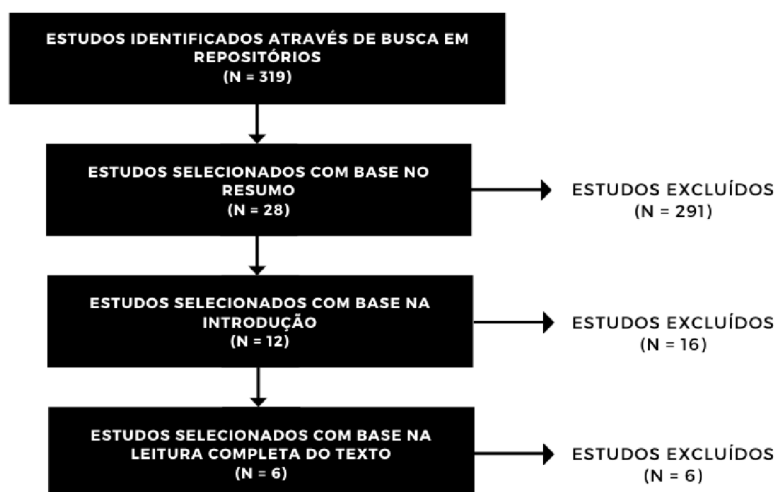
³ www.ieeeexplore.ieee.org

⁴ www.scopus.com

⁵ www.scielo.br

⁶ www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/

Figura 8: Fluxograma do processo de seleção dos estudos



Fonte: Monteiro e Adamatti (2020, p. 755).

Inicialmente, um grande número de estudos foi retornado, em maior parte pelo repositório SpringerLink, que selecionou pesquisas que não desenvolveram soluções de Jogos Sérios para pessoas com TDAH. Ao final, apenas 6 estudos que contemplaram os critérios definidos foram selecionados, sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1: Visão geral dos estudos selecionados

Referência	Objetivo	Resultados
Lim et al. (2012); Lee et al. (2015)	Aprimorar função cognitiva de atenção	Melhora do nível de atenção e de comportamentos de hiperatividade-impulsividade
Blandon et al. (2016)	Aperfeiçoar a capacidade de autoregulação da atenção	Aprimoramento de habilidades de manutenção da atenção sustentada
Alchalabi et al. (2018)	Facilitar a detecção de TDAH	Capaz de detectar o estado de atenção e classificar o TDAH com 98% de acurácia
Mercado et al. (2018)	Melhorar a atenção sustentada e analisar a usabilidade e experiência de usuário	Aumento do nível de atenção sustentada, além de ser avaliado como fácil de usar, útil e divertido
Park et al. (2018)	Melhorar a habilidade de leitura e de atenção	Melhora no tempo de atenção sustentada, na leitura em voz alta e na compreensão do texto, além da diminuição de comportamento hiperativo

Os estudos de Lim et al. (2012) e Lee et al. (2015) foram desenvolvidos no mesmo laboratório de pesquisa. O primeiro, apresenta a elaboração de um jogo que utiliza o nível de atenção de uma pessoa, captado por uma ICC, para controlar e determinar a velocidade de seu avatar. Nesse estudo, 20 crianças com TDAH participaram ao longo de 8 semanas de treinamento cognitivo, resultando no aprimoramento de habilidades de atenção sustentada e melhora dos comportamentos de hiperatividade-impulsividade. Durante 3 meses consecutivos, foi realizado um acompanhamento pós-tratamento e aplicados treinamentos de reforço. Porém, apesar de possuir essa estrutura bem definida de teste e acompanha-

mento, suas principais limitações foram relacionadas a metodologia de aplicação que foi conduzida como um *open-label trial* e as avaliações de comportamento foram realizadas pelos pais, podendo ter causado viés nos resultados.

Buscando contornar as limitações do estudo antecedente e utilizando o jogo anteriormente desenvolvido, Lee et al. (2015) aprimorou a metodologia aplicada na intervenção. Nessa pesquisa, foram analisados 160 voluntários, divididos em dois grupos para realização de testes randomizados controlados e a avaliação foi conduzida por médicos a partir de um método cego. Porém, por não possuir muita variação das tarefas desempenhadas no jogo, o conteúdo do mesmo pode ter limitado os resultados, visto que alguns jogadores evoluíram suas habilidades mais rapidamente que outros. Logo, é apontada a necessidade de um estudo mais aprofundado do efeito da complexidade do jogo na reabilitação neuropsicológica.

Em Blandon et al. (2016) foi desenvolvido um jogo que utiliza a autorregulação do nível de atenção de uma pessoa para realização de determinadas tarefas em um ambiente de Realidade Virtual imersivo. Para cada tarefa é necessário um nível de atenção específico, avançando o jogo apenas se atingir o mesmo. Nesse estudo, 9 crianças com TDAH participaram ao longo de duas sessões e teve como resultado não apenas o aprimoramento da atenção sustentada, mas também o desenvolvimento de habilidades de autorregulação e indução da mesma, treinando a pessoa jogadora a aumentar o seu nível de atenção de modo incremental. Porém, ao final do estudo, foi recomendado uma intervenção com no mínimo 10 sessões e a utilização de grupos de controle para aumentar a acurácia dos resultados.

No estudo de Alchalabi et al. (2018), o jogo desenvolvido baseou-se no controle das ações do avatar a partir do nível de atenção da pessoa jogadora ao repetir imagens mentais, como, por exemplo, empurrar um objeto do mundo virtual. Cada imagem mental passa por uma fase de treinamento e são gravadas para que durante o jogo seja verificado se os sinais cerebrais e o nível de atenção específico para aquela ação foram atingidos. A solução proposta busca facilitar o diagnóstico de pessoas com TDAH a partir de diferentes estados de atenção, para isso foi utilizado um classificador de *Machine Learning* que analisou os sinais de atenção durante o jogo. Nessa pesquisa, foram utilizados grupos de controle, sendo o primeiro grupo composto por 4 jovens adultos com TDAH e o segundo, por 5 jovens adultos neurotípicos. Foram aplicadas 10 sessões para o grupo composto por neurotípicos e 12 sessões para o grupo com TDAH. Ao final do estudo, a solução proposta obteve 98% de acurácia na detecção do estado e do nível de atenção, além de estabelecer uma forte base para viabilização de jogos para a detecção de TDAH.

Já no estudo de Mercado et al. (2018) foi desenvolvido um jogo que, assim como nos trabalhos de Lim et al. (2012) e Lee et al. (2015), utiliza o nível de atenção da pessoa jogadora para controlar a velocidade do avatar. Porém, além disso, ele também tem como objetivo analisar como o esforço de atenção demandado e a usabilidade da solução afeta a

performance da pessoa usuária e o próprio processo de reabilitação neuropsicológica, avaliando a experiência de usuário. Para isso, 12 crianças com TEA (Transtorno do Espectro Autista) e TDAH comórbida participaram ao longo de duas sessões cada e foram utilizados dois jogos diferentes aliados a mesma ICC, buscando comparar a usabilidade. Ao final do estudo, as habilidades de atenção sustentada aumentaram e foi possível observar que, apesar de utilizar a mesma configuração na ICC, a usabilidade e o grau de empatia pelo personagem do jogo possuíram efeitos diretos na capacidade de aprimoramento neuropsicológico da solução. As maiores limitações apresentadas foram em relação ao tamanho da amostra utilizada e o número de sessões aplicadas, dificultando a generalização dos resultados.

Em Park et al. (2018), os objetivos principais do estudo foram a diminuição de comportamentos hiperativos e o aprimoramento da habilidade de leitura através de um jogo narrativo de conto de fadas que apresentou atividades de atenção sustentada e de conduta para avanço do mesmo. O grande foco desse trabalho no aprimoramento da leitura é justificado pelas grandes dificuldades enfrentadas por crianças com TDAH no processo de aprendizagem dessa habilidade, essas dificuldades podem causar baixo rendimento escolar, além de problemas sociais e de autoestima. Para avaliar a solução proposta, 5 crianças com TDAH participaram ao longo de 5 sessões cada, obtendo resultados rápidos e positivos na melhora da leitura em voz alta, na compreensão do texto e no tempo de atenção sustentada. Porém, assim como no estudo de Mercado et al. (2018), o número pequeno da amostra foi considerado uma limitação para a generalização dos resultados obtidos na pesquisa.

Em relação aos dispositivos para leitura dos sinais cerebrais, 4 dos 6 estudos selecionados utilizaram o *headset* EEG denominado MindWave, fabricado pela NeuroSky, Inc.⁷. Seus dois eletrodos foram suficientes para captar o nível de atenção no córtex pré-frontal, mostrando-se ser um artifício simples e efetivo para análise dessa função cognitiva. No estudo de Mercado et al. (2018), foi utilizado o *headset* EEG denominado BrainLink Pro, que utiliza a mesma tecnologia de biosensores desenvolvida pela NeuroSky, Inc. e apresenta um *design* mais confortável do que o anterior. Por fim, o estudo de Alchalabi et al. (2018) utilizou o *headset* EEG EMOTIV EPOC+, fabricado pela Emotiv, Inc.⁸, sendo esse um dispositivo mais complexo do que os anteriores, com mais possibilidades de aplicação e análises.

Além disso, tornou-se evidente através da análise dos estudos a relevância do desenvolvimento de soluções que buscam aprimorar a atenção sustentada de indivíduos com TDAH, principalmente de crianças, visto que a melhora dessa função cognitiva específica foi um dos objetivos principais de 5 dos 6 estudos. A melhora nas habilidades de atenção sustentada, que permite que uma pessoa foque em uma tarefa contínua durante um maior período de tempo, tem impacto direto no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que

⁷ www.neurosky.com/ ⁸ www.emotiv.com

a manutenção do foco para acompanhar as atividades em sala de aula é essencial.

Nessa Revisão Sistemática da Literatura, foram descartados da análise estudos que não possuíam em sua metodologia voluntários diagnosticados com TDAH, buscando aumentar a confiabilidade das conclusões obtidas a partir das soluções analisadas, porém, além desses, foram encontrados alguns estudos pilotos que descrevem alternativas interessantes, como, por exemplo, os estudos de Thomas et al. (2013), Rohani e Puthusserypady (2015) e Casagrande (2019).

O trabalho desenvolvido em Casagrande (2019) foi o único estudo brasileiro encontrado durante a revisão e, apesar de ter sido descartado por não realizar testes com pessoas com TDAH, é de suma importância para compreender o que já foi produzido no Brasil. Nesse estudo, foi utilizado o leitor EEG da empresa Cognionics, Inc., mais complexo do que os abordados nos estudos discutidos anteriormente. Primeiramente, o autor precisou realizar a captação, treinamento, pré-processamento e classificação dos estados de atenção e relaxamento para identificação dos mesmos durante o jogo. Ao contrário dos estudos analisados previamente, que utilizaram *headsets* que já identificavam esses estados específicos, nesse foi desenvolvido um algoritmo de análise dos dados captados pelo EEG e foi necessário calibrar o sistema de reconhecimento das ondas para cada uma das pessoas voluntárias. O jogo desenvolvido nesse estudo também utilizou o nível de atenção sustentada para controlar a velocidade do veículo do jogo, como já visto anteriormente em outros estudos. Como trabalhos futuros, o autor relata a intenção de aprimorar o jogo para um ambiente em realidade virtual, buscando aumentar o engajamento durante as sessões de treinamento.

Para o desenvolvimento dessa dissertação, os trabalhos investigados contribuíram para a contextualização do que já foi desenvolvido nesse âmbito de pesquisa e as principais práticas de aplicação e avaliação. Observou-se através da análise dos resultados a efetividade da utilização do *headset* de EEG MindWave em jogos que empregam o estado mental de atenção da pessoa jogadora para controle de suas funcionalidades, contribuindo para a escolha do dispositivo a ser utilizado para esse estudo.

O trabalho de Lee et al. (2015) expôs um fator importante da relação do conteúdo do jogo com o potencial de aprimoramento das capacidades de atenção. O conteúdo pode ser um elemento limitante caso a falta de variação de atividades no jogo e a falta de adaptação da dificuldade do mesmo não satisfaça as habilidades da pessoa jogadora. Nesse estudo, notou-se que algumas pessoas voluntárias atingiam o nível mais elevado de dificuldade facilmente após determinadas práticas. Logo, nesse projeto, buscou-se contornar essa questão com uma maior variedade de metas a serem alcançadas, com níveis de dificuldade diferentes.

4 CAMINHOS PERCORRIDOS

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um Jogo Sériο aliado a Interface Cérebro-Computador. O jogo busca estimular as habilidades de foco e sustentação da atenção ao fornecer *feedbacks* visuais e de controle para o mesmo.

Na primeira etapa do estudo foi realizada uma revisão sistemática, apresentada no Capítulo 3, sobre a aplicação conjunta de Jogos Sérios e Interface Cérebro-Computador e sua eficácia como instrumento psicoterapêutico para pessoas com TDAH. Observou-se os principais *hardwares* e *softwares* utilizados, além de correlacionar as principais práticas e resultados.

Para complementar as informações obtidas através da revisão sistemática, foi estudada a área de *Game Design* e os processos que fazem parte da mesma. Nessa etapa, foi possível definir os elementos de jogabilidade, sistemas de *feedback*, arquitetura, regras e metas que compõem o jogo desenvolvido. Assim, foi possível estabelecer como a função cognitiva de atenção seria captada e aplicada de forma lúdica e amigável.

A partir dessas definições, foram selecionadas as ferramentas de *software* e *hardware* necessárias para o desenvolvimento e aplicação do jogo proposto. O *hardware* utilizado para captação das ondas cerebrais emitidas pelo estado de atenção foi o *headset* EEG MindWave, visto a simplicidade oferecida por esse equipamento na identificação da função cognitiva de atenção. Além disso, esse *headset* já foi testado e validado em diversas soluções, como apresentado no Capítulo 3. O *software* utilizado para o desenvolvimento do jogo foi o motor de jogos Unity¹, apresentado na subseção 2.3.2. Para este trabalho, optou-se pelo desenvolvimento de um jogo no estilo corrida infinita para computador.

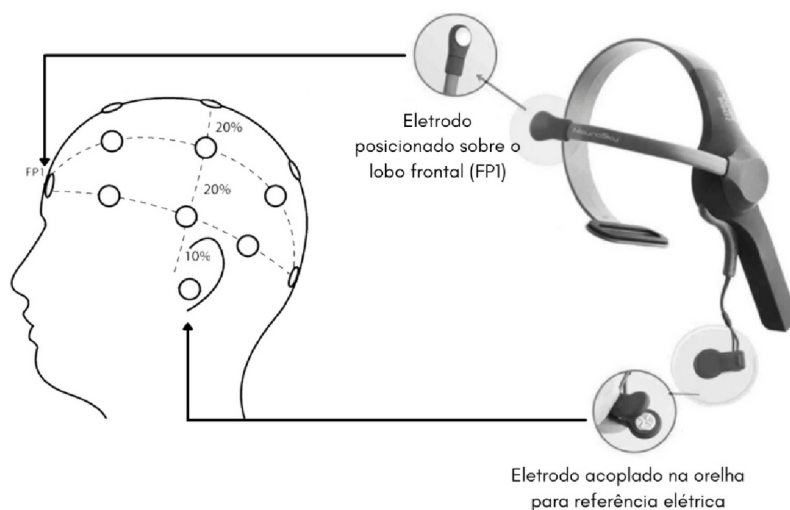
Ao fim da etapa de desenvolvimento, foram definidos os critérios e etapas de avaliação da solução desenvolvida. Foram selecionados 10 voluntários para realização e comparação dos testes. Cada voluntário participou de uma sessão e ao final da mesma, foram aplicados questionários de usabilidade para analisar a adaptação do indivíduo com o sistema e o equipamento.

¹ www.unity.com/solutions/game

4.1 Sistema *neurofeedback*

No atual estudo, o *headset* utilizado para captação dos sinais e para aplicação conjunta com o jogo foi o dispositivo MindWave, desenvolvido pela empresa NeuroSky. Esse *headset* é um dispositivo EEG de canal único, contendo um eletrodo do tipo seco e um terminal de referência elétrica, para garantir a qualidade do processamento dos sinais captados. O primeiro é posicionado sobre o lobo frontal e o segundo, no lóbulo da orelha, seguindo o Sistema Internacional 10-20, como demonstrado na Figura 9.

Figura 9: Posicionamento dos eletrodos dos headsets NeuroSky seguindo o Sistema 10-20



Fonte: Adaptada de BFNFT (2019).

Esse *headset* possui algoritmos pré-definidos que processam os sinais brutos captados e os utilizam para medir os níveis de atenção e meditação da pessoa usuária. O pré-processamento é realizado a partir do módulo ThinkGear ASIC Module (TGAM), que calcula a densidade espectral em um intervalo de 512 Hz. De acordo com o “MindWave User Guide” (NeuroSky, 2011), esse módulo amplifica e digitaliza a diferença dos sinais elétricos obtidos através do eletrodo posicionado sobre o lobo frontal e o eletrodo de referência e os transmite por um filtro no domínio da frequência.

Como descrito por BFNFT (2019), nesse filtro primeiramente é realizado uma verificação preliminar do alcance dos sinais, para detectar ruídos. Em seguida, esses sinais são convertidos para o domínio de frequência através da Transformada Rápida de Fourier (FFT), que calcula as diferentes frequências e magnitude em cada sinal. Ao obter o domínio de frequência, novamente é verificada a existência de ruídos e os mesmos são corrigidos. Por fim, esses sinais são categorizados de acordo com sua frequência entre as ondas delta, teta, alfa, beta e gama.

Esse dispositivo é capaz de classificar essas ondas em dois estados mentais, de atenção e meditação, através de um algoritmo pré-definido, denominado “eSense”. Nesse al-

goritmo, os estados mentais identificados são categorizados, após passar pelo filtro, de acordo com a variação da intensidade captada dos mesmos, indo de 1 a 100, como pode ser observado na Tabela 2. No caso do estado de atenção, os sinais com intensidade entre 1 e 20 ou entre 20 e 40, por exemplo, podem significar que a pessoa está distraída, e no caso do estado de meditação, que a pessoa está agitada. Os sinais com intensidade entre 80 e 100 classificados pelo algoritmo de atenção e meditação representam estados de alta concentração ou de alto relaxamento.

Tabela 2: Classificação dos estados mentais em relação a intensidade no algoritmo eSense

Intensidade	Classificação
Entre 1 e 20	Muito baixa
Entre 20 e 40	Reduzida
Entre 40 e 60	Neutra
Entre 60 e 80	Elevada
Entre 80 e 100	Muito elevada

Essa classificação, tanto do estado de atenção quanto de meditação, é utilizada nesse estudo para controlar diferentes atividades no jogo desenvolvido, modificando elementos do ambiente de acordo com a intensidade identificada. Para a utilização deste *headset*, não é necessária uma etapa de calibração para captação dos sinais para diferentes pessoas, visto que a etapa de pré-processamento já ocorre de forma dinâmica e adaptativa a partir do seu módulo ThinkGear ao conectar o dispositivo com o computador.

4.2 Jogo desenvolvido

Para definição do jogo, primeiramente foi realizada uma busca de referências de jogos que incentivam a concentração e habilidades de tempo de resposta, além de jogos com conteúdos não limitantes para a prática contínua, visto as melhorias e limitações encontradas nos estudos analisados na seção 3. Em seguida, foram estabelecidas as principais características do jogo e suas regras, juntamente com a definição do protocolo de treinamento da atenção sustentada através da captação da intensidade de atenção da pessoa jogadora. O jogo desenvolvido baseia-se na mecânica básica de jogos do estilo “corrida infinita” (conhecidos também como *endless runner*).

4.2.1 Características do Jogo

Nos jogos de “corrida infinita”, as habilidades de foco da pessoa jogadora são testadas ao medir por quanto tempo ela consegue se manter e quão longe ela consegue ir em um cenário que se move de forma contínua, ao mesmo tempo que desvia de obstáculos. Jogos nesse estilo não possuem um fim propriamente dito de seu conteúdo, a pessoa jogadora pode melhorar e testar suas habilidades sempre ao iniciar uma nova corrida, que

se estende de acordo com a sua persistência em aumentar a sua pontuação ou ao colidir com os obstáculos da pista. No mercado, atualmente alguns dos jogos mais populares deste gênero são *Subway Surfers*², *Temple Run*³ e *Sonic Dash*⁴.

Em jogos de “corrida infinita”, o controle da velocidade da(o) personagem é realizado da seguinte maneira: quanto maior a distância percorrida, maior a velocidade. Para atingir o objetivo do atual estudo, a mecânica do jogo desenvolvido aplica o nível de atenção da pessoa jogadora para aumentar ou diminuir a velocidade do personagem e para liberar recompensas. Baseado nisso, foi criado um *Unified Game Canvas*, discorrido na seção 2.3.1, para reunir de forma rápida os principais elementos do jogo em um único painel, apresentado na Figura 10.

Figura 10: Design do jogo utilizando Unified Game Canvas

IMPACTO DO JOGO:		
Aumentar as habilidades de autorregulação do foco e sustentação da atenção da pessoa jogadora ao longo do tempo		
GAME CONCEPT Objetivo: completar as missões definidas, enquanto desvia de objetos em um cenário urbano. Gênero: Corrida Infinita/ <i>Endless Runner</i>	GAME PLAYER Comunidade: pessoas que buscam explorar e aprimorar a capacidade em manter e autorregular níveis de atenção. Idade: a partir de 8 anos. Número de jogadores: 1	GAME PLAY Espaço: cenário urbano com obstáculos e estrelas a serem coletadas. Condição de derrota: colidir 3 vezes com obstáculos durante a corrida. Regras: Se o nível de atenção estiver abaixo de 40, a velocidade do personagem diminui, se estiver acima, a velocidade aumenta. Sempre que a atenção captada estiver acima de 80 na atividade de corrida, cada estrela vale o dobro do seu valor. Desafio: completar as missões definidas no menor tempo possível ou colocar o máximo de estrelas em uma única corrida.
GAME CORE Efeitos: sons emitidos quando o personagem coleta uma estrela e quando colide com algum obstáculo; Mecânica: o personagem se movimenta apenas para os lados. Restrições: apenas iniciar corrida ou outra atividade quando o <i>headset</i> estiver conectado; apenas liberar nova pista se tiver moedas suficientes.		GAME FLOW Jogabilidade: a cada nova atividade, a pessoa jogadora deverá conectar o <i>headset</i> para controlar a velocidade ou progresso. O jogo só acaba quando o personagem perde todas as vidas ou quando a pessoa escolhe sair. Elemento aleatório: o número de estrelas por repetição da pista é escolhido de forma aleatória, podendo ser entre 50 e 80, a sua distribuição pelas faixas da pista também é aleatória. Desafio de habilidades: quanto mais longe o personagem chega, mais obstáculos são adicionados a pista.
GAME INTERACTION Controles: setas do teclado para esquerda, direita e para cima; nível de concentração para determinar velocidade e progresso. Plataforma: PC. Configurações: menu com controle de silêncio dos efeitos sonoros.		

Fonte: Autoria própria.

No *Unified Game Canvas* criado, o objetivo principal do jogo é completar as missões definidas, enquanto desvia de objetos em um cenário urbano. Define-se que durante a corrida a colisão com algum obstáculo resulta em perda de vida e que a condição de insucesso do jogo é quando as vidas do personagem acabam. Define-se também que a cada nova atividade é necessário conectar o *headset* de EEG para captação dos sinais. É delineado que o perfil de jogadores para o jogo são pessoas que buscam explorar e aprimorar a capacidade em manter e autorregular os níveis de atenção, tanto crianças

² www.sybogames.com/subway-surfers/

³ www.imangistudios.com/games.html

⁴ www.sega.com/games/sonic-dash

quanto adultos, com a faixa etária a partir de 8 anos.

Para realizar a conexão do *headset* MindWave com a plataforma de desenvolvimento Unity, foi utilizado um *plugin*, disponibilizado no GitHub⁵. A partir desse *plugin* foi possível definir *feedbacks* visuais para a pessoa jogadora e controlar as atividades do jogo. Além da atividade principal de corrida, o jogo ainda conta com duas outras atividades extras, sendo elas atividade de recompensa e atividade de relaxamento.

Para definir como a intensidade de atenção captada através do dispositivo EEG iria controlar a velocidade do personagem durante a corrida, foi estabelecido um protocolo de incremento e decremento da velocidade do personagem, apresentado na Tabela 3. A velocidade mínima que o personagem pode possuir é igual a 3 e a velocidade máxima é igual a 20, logo o incremento e decremento apenas ocorre dentro desse intervalo de valores. Apesar de parecerem mínimos em uma primeira observação, o incremento e decremento ocorrem a cada *frame* do jogo, sendo possível chegar em um valor inteiro a cada segundo.

Tabela 3: Valores adicionados/subtraídos da velocidade do personagem de acordo com o nível de atenção captado e a sua relação com o valor das moedas coletadas

Intensidade	Velocidade	Valor moedas coletadas
Neutro, reduzido ou muito baixo (<60)	-0,05	1
Elevado (entre 60 e 80)	0,02	1
Muito elevado (>80)	0,05	2

Para estimular a prática contínua do jogo, foram definidas missões que podem ser completadas através da corrida e que geram recompensas ao serem finalizadas. Essas recompensas são moedas que podem ser trocadas por novas pistas de corrida. Sempre são apresentadas duas missões por vez para a pessoa jogadora, escolhidas aleatoriamente. Para garantir uma variação de missões a serem realizadas, foram definidas duas categorias para as mesmas.

As missões do tipo 1, apresentadas na Tabela 4, variam em relação ao total de estrelas coletadas em uma única corrida. Caso o total de estrelas coletadas seja igual a 100, por exemplo, o valor de recompensa será igual a 50 moedas, e assim por diante. O valor total de estrelas a serem coletadas para uma missão também é escolhido aleatoriamente quando a mesma é apresentada para a pessoa jogadora.

As missões do tipo 2, apresentadas na Tabela 5, variam em relação ao tempo máximo que a pessoa jogadora possui para correr uma determinada distância. Por exemplo, caso a pessoa jogadora consiga percorrer 100 metros em até 10 segundos, o valor de recompensa será igual a 50 moedas. Caso ela consiga percorrer 150 metros em até 20 segundos, o valor de recompensa será igual a 100 moedas, e assim por diante. O valor da distância a ser percorrida é escolhido aleatoriamente quando a missão é apresentada para a pessoa

⁵ www.github.com/DaCookie/mindwave-unity

Tabela 4: Missões do tipo 1 e suas respectivas recompensas

Descrição	Recompensa
Colete 100 estrelas em uma corrida	50 moedas
Colete 200 estrelas em uma corrida	100 moedas
Colete 300 estrelas em uma corrida	150 moedas
Colete 500 estrelas em uma corrida	300 moedas

jogadora.

Tabela 5: Missões do tipo 2 e suas respectivas recompensas

Descrição	Recompensa
Corra 100 metros em 10 segundos em uma corrida	50 moedas
Corra 150 metros em 20 segundos em uma corrida	100 moedas
Corra 300 metros em 40 segundos em uma corrida	200 moedas
Corra 500 metros em 60 segundos em uma corrida	300 moedas
Corra 1000 metros em 120 segundos em uma corrida	600 moedas

Para coletar a recompensa associada a missão realizada com sucesso, é preciso executar a primeira atividade extra: a atividade de coleta de recompensa. Essa atividade foi definida como uma atividade complementar para o treinamento da habilidade de sustentação e autorregulação da atenção. Nela, a pessoa jogadora é incentivada a focar no crescimento de uma barra de progresso, até que a mesma esteja totalmente preenchida. Caso a pessoa esteja distraída, o preenchimento da barra regride até o seu ponto mínimo e a coleta da recompensa não é liberada. Caso ela consiga manter o foco até o fim do preenchimento da barra, a recompensa é liberada e a missão é finalizada. O esquema de incremento e decremento da barra é apresentado na Figura 11.

Figura 11: Esquema da coleta de recompensas no jogo



Fonte: Autoria própria.

A segunda atividade extra (atividade de relaxamento) busca atenuar possíveis sintomas de fadiga após certo tempo de utilização de atividades de concentração. A pessoa jogadora pode escolher realizá-la ou não, sem impactar o andamento do restante do jogo. A primeira exibição da atividade de relaxamento acontece após a finalização da primeira missão. Após, essa atividade pode ser realizada novamente a cada cinco missões finali-

zadas. A realização dessa atividade segue o mesmo esquema da atividade de coleta de recompensa, porém para concluí-la é preciso completar a barra de progresso a partir da intensidade captada do estado mental de meditação. Antes de iniciar a atividade, é recomendado para a pessoa jogadora que a mesma feche os olhos, inspire e expire, e imagine algo que a faça relaxar. Essas ações resultam em um maior nível de intensidade do estado mental de meditação.

Assim como no controle da velocidade do personagem durante a corrida, foi definida uma regra de incremento e decremento da barra de progresso em relação a intensidade tanto do estado de atenção quanto de meditação captado pelo dispositivo EEG. As duas atividades seguem a regra apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Valores adicionados/subtraídos da barra de progresso de acordo com o nível de atenção/meditação captado

Intensidade	Progresso
Muito baixo, reduzido ou neutro (<60)	-1
Elevado ou muito elevado (>60)	10

O jogo é composto por objetos coletáveis, obstáculos, um personagem e elementos de interface. Esses componentes foram obtidos gratuitamente, com algumas adaptações, a partir da loja da Unity⁶. Os pacotes utilizados no jogo são:

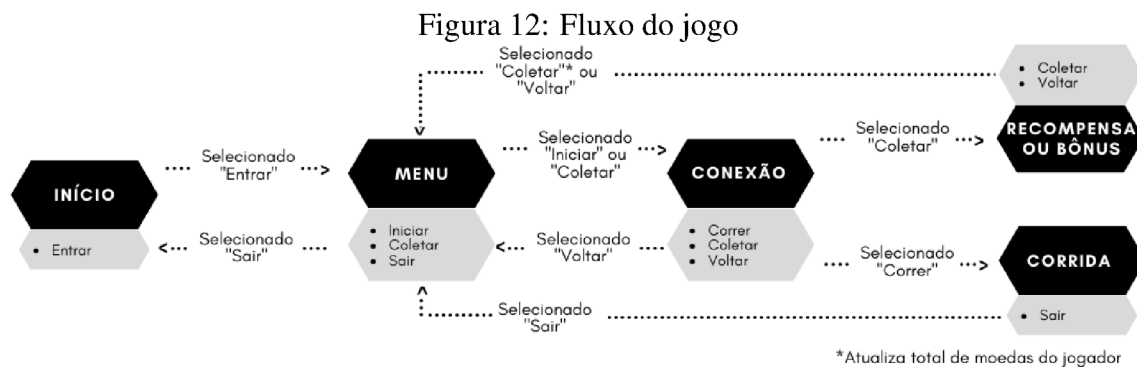
- *Endless Runner - Sample Game*: ferramenta que fornece elementos otimizados para composição de jogos de “corrida infinita”. Foram utilizados seus modelos de cenário e obstáculos, além de alguns de seus elementos de interface;
- *Sci-Fi Engineer*: pacote com o modelo e animações de um personagem masculino, utilizado durante a corrida;
- *Resource Icons*: fornece 6 ícones diferentes para composição da interface, porém apenas o ícone de moeda foi utilizado no menu do jogo;
- *10 Skyboxes Pack - Day/Night*: pacote com 10 tipos de céus diferentes, utilizado para complementar a ambientação dos cenários diurnos e noturnos do jogo.

O sistema de *feedback* do jogo compreende as respostas visuais de controle realizada através do dispositivo de EEG, e que foram apresentadas nessa subseção. Além disso, também inclui a apresentação da quantidade de vidas que o personagem possui, a distância percorrida e o total de estrelas coletadas em uma corrida, assim como barras de progresso das missões em andamento. Por fim, também foram definidos *feedbacks* sonoros, quando o personagem bate em algum obstáculo, quando coleta os objetos e quando recebe bônus.

⁶ www.assetstore.unity.com

4.2.2 Interface do jogo

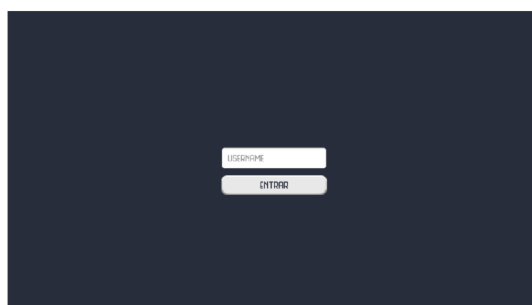
A interface gráfica do jogo foi desenvolvida através da plataforma Unity, apresentada na seção 2.3.2. Neste jogo, a pessoa jogadora experiencia uma corrida dinâmica com missões pré-definidas, onde o seu sucesso na realização das mesmas depende de seu foco e engajamento. A Figura 12 apresenta o fluxo de cenas presentes no jogo.



Fonte: Autoria própria.

A interface da tela inicial apresenta um simples sistema de *login* para o jogo, como pode ser observado na Figura 13. A única informação solicitada é o nome da pessoa jogadora, caso o nome não exista ainda no registro local, ele cria uma nova pasta para guardar os dados advindos do jogo, tais como as missões realizadas por essa pessoa, a quantidade de moedas e pistas liberadas. Ao inserir o nome e selecionar o botão “entrar”, uma janela *pop-up* de confirmação do dado inserido é apresentada, ao clicar em “entrar” novamente, o fluxo avança para a tela do menu.

Figura 13: Tela Login



(a) Input para inserir o nome da pessoa jogadora



(b) Pop-up de confirmação de login

Fonte: Autoria própria.

A interface da tela do menu, apresentada na Figura 14, exibe as missões disponíveis para serem realizadas e os seus valores de recompensa ao serem finalizadas. Para completar as missões, primeiramente é necessário escolher o cenário de corrida. O jogo dis-

ponibiliza duas opções de cenário, sendo eles: corrida diurna em um ambiente urbano, e corrida noturna em um ambiente residencial.

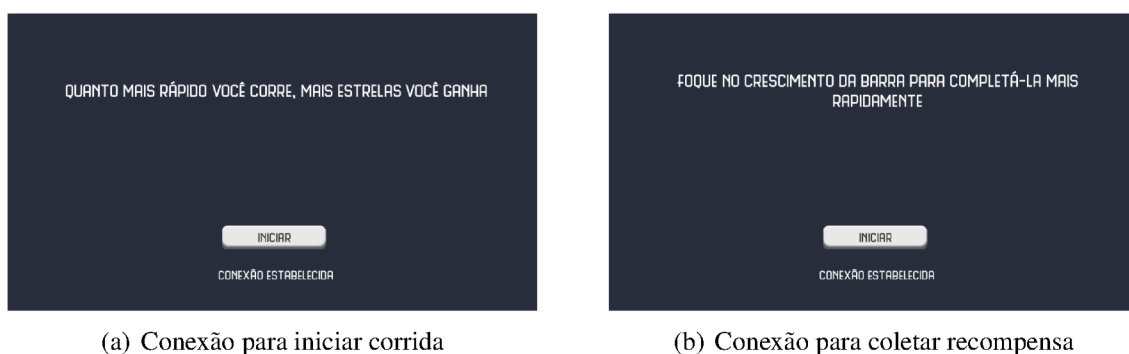
Figura 14: Tela Menu



Fonte: Autoria própria.

Inicialmente, apenas a corrida diurna está desbloqueada. Essa definição busca incentivar a prática do jogo, visto que para desbloquear um novo cenário é preciso utilizar as moedas obtidas ao completar missões. Para isso, quando uma missão é finalizada, um botão para coletar a recompensa torna-se visível na interface. A partir da tela do menu, a pessoa jogadora pode escolher iniciar uma corrida, coletar uma recompensa ou sair do jogo. Caso ela opte por iniciar uma corrida ou coletar uma recompensa, a próxima etapa do fluxo é a tela de conexão, apresentada na Figura 15.

Figura 15: Tela Conexão

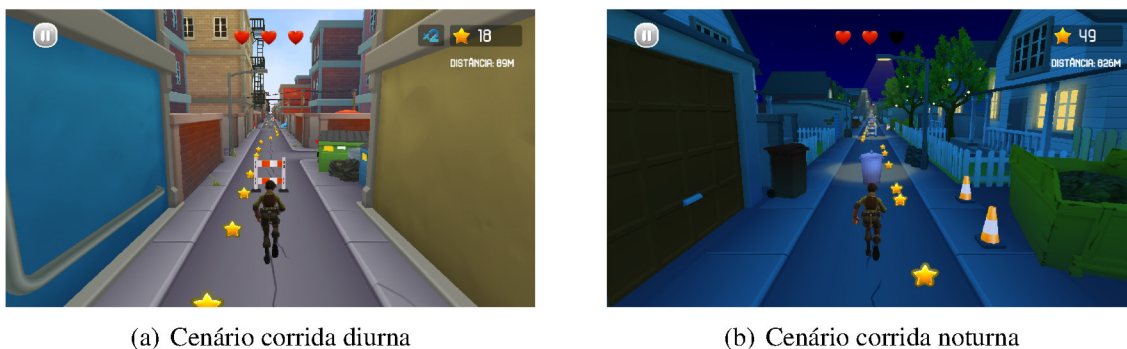


Fonte: Autoria própria.

Nesse momento, é realizada a conexão do *headset* MindWave com o jogo. Essa conexão é necessária para coletar os dados de controle utilizados na corrida e na atividade para coleta da recompensa, logo, o acesso da próxima tela só é liberado caso o jogo tenha sucesso nessa etapa. Além disso, nessa etapa, são apresentados textos para a pessoa jogadora com dicas para aumentar a intensidade de atenção captada durante o jogo.

Após o sucesso da conexão com o *headset*, a pessoa jogadora pode acessar a tela de corrida ou a tela de recompensa. Primeiramente, são apresentadas a interface e os cenários da tela de corrida. Tanto no cenário de corrida diurna quanto noturno, os elementos da interface mantêm-se os mesmos, mudando apenas a estrutura da pista de corrida e o fundo do ambiente, como pode ser observado na Figura 16.

Figura 16: Tela Corrida



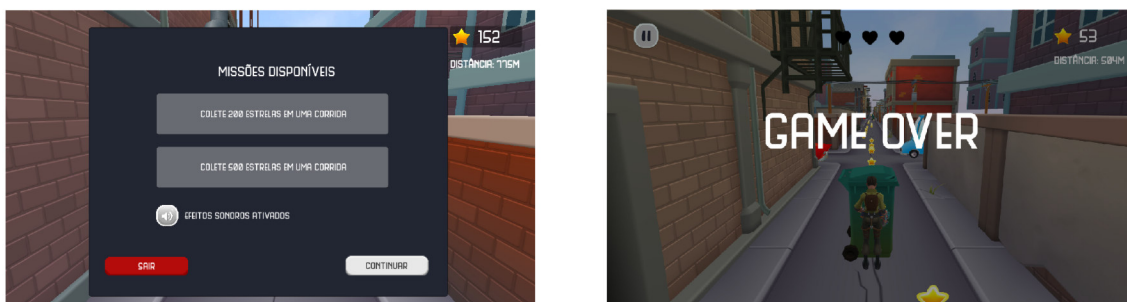
(a) Cenário corrida diurna

(b) Cenário corrida noturna

Fonte: Autoria própria.

Como elementos dessa interface, podemos listar o botão “pausar”, a quantidade de vidas disponíveis (representadas por corações) e a quantidade de estrelas coletadas durante a atual corrida, além da distância total percorrida na mesma. Na Figura 16, também é possível observar a personagem principal posicionado no meio da pista, os objetos coletáveis (representados pelas estrelas) e um obstáculo que precisa ser desviado para que a personagem não perca uma vida. Enquanto a personagem tiver vidas, a corrida continua e a quantidade de obstáculos aumenta. O jogo apresenta uma mensagem de fim de jogo quando as vidas da personagem chegam ao fim. Na Figura 17 são apresentados o menu do modo pause da corrida e a mensagem de fim de jogo.

Figura 17: Tela Corrida - Menu e Fim de jogo



(a) Menu do modo pause da corrida

(b) Mensagem de fim de jogo

Fonte: Autoria própria.

A tela da atividade de recompensa, apresentada na Figura 18, possui dois elementos

principais: uma barra de progresso e textos de *feedback*. Nessa etapa é solicitado que a pessoa jogadora foque no crescimento da barra de progresso para que a mesma continue avançando, caso a pessoa perca o foco, a barra de progresso recua e apresenta uma mensagem de alerta. Ao completar a barra de progresso, um botão para coleta da recompensa torna-se visível. Ao clicar, a pessoa jogadora recebe as moedas referentes a missão completada e volta automaticamente para a tela de menu do jogo.

Figura 18: Tela Coleta de Recompensa

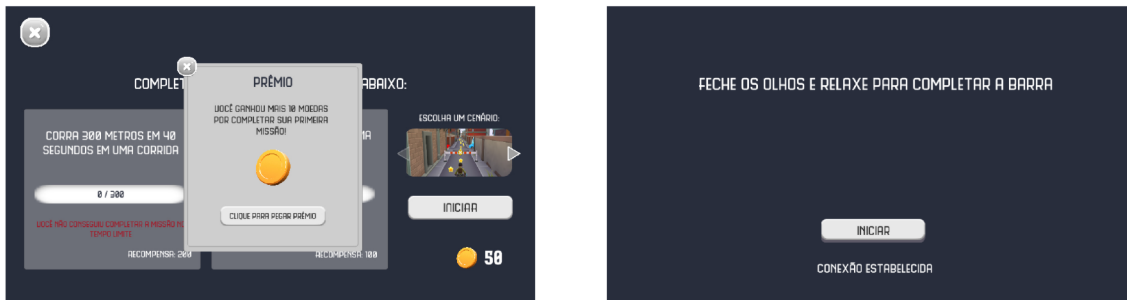


Fonte: Autoria própria.

Por fim, ao completar certos números de missões, a atividade bônus é liberada no fluxo do jogo. Como apresentado na Figura 19, para essa atividade também é necessário passar pela etapa de conexão com o *headset*. A tela dessa atividade possui os mesmos elementos que a tela de coleta de recompensas, porém nessa etapa é solicitado que a pessoa mantenha-se relaxada para que a mesma continue avançando. Ao completar a barra de progresso, um botão para coleta do bônus torna-se visível. Ao clicar, a pessoa jogadora recebe as moedas referentes ao bônus e volta automaticamente para a tela de menu do jogo.

As características do jogo desenvolvido, assim como sua interface, foram descritas em Monteiro e Adamatti (2021).

Figura 19: Tela Atividade Bônus



(a) Mensagem de alerta de bônus

(b) Etapa de conexão com o *headset*

Fonte: Autoria própria.

4.3 Avaliação da solução

Durante o jogo, a principal atividade desempenhada é a atividade de corrida. Para compreender se é possível aprimorar o nível e a capacidade de sustentação da atenção a partir dessa atividade, é preciso verificar primeiramente se o dispositivo EEG escolhido classifica adequadamente os sinais captados nas diferentes pessoas usuárias e analisar o nível de atenção desses jogadores a cada nova corrida. A seguir, são apresentados os métodos de avaliação da solução que foram aplicados para realizar essas análises.

4.3.1 Coleta de dados

Para avaliação do jogo desenvolvido e sua capacidade de controle através de habilidades de autorregulação do foco e sustentação da atenção, foram definidas duas categorias de coleta de dados. A primeira, engloba todos os dados referentes as atividades que utilizam o estado mental de atenção em seu controle. Enquanto que a segunda, coleta os dados de usabilidade do ambiente e da experiência da pessoa jogadora ao utilizar a solução.

Para a coleta dos dados referentes ao estado mental de atenção, a solução realiza um registro das intensidades desse estado captadas durante o jogo, tanto nas atividades de corrida quanto de coleta de recompensa. Esse registro contém em sua estrutura os sinais de intensidade de nível de atenção monitorados durante a aplicação. Para a análise da prática das atividades de corrida, foram adicionadas ao registro as variáveis de velocidade, quantidade de vidas, número de estrelas coletadas, distância e o tempo da corrida. A cada segundo de corrida, 1 registro é feito. Para a análise da atividade de coleta de recompensa, foram adicionadas as variáveis de monitoramento do progresso da barra e o tempo demandado para finalização da tarefa. Para análise da atividade bônus, a intensidade do nível de meditação, as variáveis de progresso da barra e o tempo demandado para finalização da tarefa também foram monitorados.

Em relação a coleta de dados referentes a usabilidade do sistema e da experiência

da pessoa jogadora, foi estruturado um questionário (Apêndice 1), baseado no método concebido por Brooke (1996), denominado *System Usability Scale* (SUS), para avaliar quão efetiva e satisfatória foi a utilização da solução. Além disso, foi elaborado outro questionário para registrar a opinião do usuário sobre a utilização do *headset* durante a sessão, de modo a verificar a adequabilidade do equipamento.

Todos os métodos de coletas de dados definidos, tanto de aquisição de sinais cerebrais quanto de usabilidade e experiência, foram realizados mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre para participação (Apêndice 2) e pelo projeto aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme CAAE: 45606915.8.0000.5324.

4.3.2 Configuração do ambiente de teste

Devido às restrições impostas para lidar com a pandemia da Covid-19, os testes foram realizados em um ambiente isolado na residência da pesquisadora. Estavam presentes no ambiente, apenas a pesquisadora e a pessoa voluntária e foram tomados os devidos cuidados para evitar interrupções e manter o distanciamento social. Os testes foram aplicados de dia, em um ambiente com a porta fechada, composto por uma mesa que recebia luz direta de uma janela, duas cadeiras (uma para a pessoa voluntária e outra para a pesquisadora), um notebook com uma tela de 15.6 polegadas, um mouse sem fio, além do dispositivo EEG MindWave.

O posicionamento inicial do equipamento EEG na pessoa voluntária foi instruído e verificado pela pesquisadora para que o mesmo estivesse adequado para a análise efetiva da solução. Ao final de cada sessão de teste foi aplicado o questionário de usabilidade e foi realizada uma entrevista sobre a experiência da pessoa jogadora, a qual foi gravada e transcrita para análise.

4.3.3 Sessões de aplicação

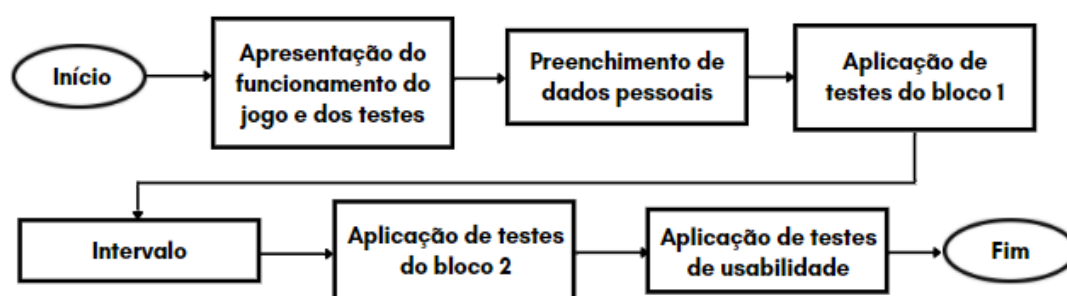
Para a realização dos testes, foi aplicada uma sessão com cada um dos voluntários selecionados. Cada uma das sessões foi dividida em dois blocos. O primeiro bloco foi estruturado de forma a ter uma duração de 5 minutos e buscou-se através dele verificar a efetividade do controle do jogo na identificação da intenção de “prestar atenção”. Durante essa etapa, cada voluntário foi instruído a realizar cinco ações individualmente, sendo elas: falar durante o teste, não focar o olhar em um ponto específico, repetir mentalmente uma palavra ou uma música, focar o olhar no movimento do personagem e a combinação das duas últimas. Buscou-se através dessas ações verificar o efeito das mesmas sobre o nível de atenção e distração da pessoa jogadora captado através do dispositivo EEG durante as rodadas desse bloco.

O segundo bloco foi estruturado para ter entre 15 e 20 minutos de duração. Nele, a pessoa voluntária foi convidada a realizar todas as atividades do jogo, para que fosse possível analisar sua performance tanto nas habilidades de autorregulação da atenção como na

realização das missões definidas. Cada voluntário realizou a atividade de corrida pelo menos quatro vezes. A música e outros efeitos sonoros do jogo foram inicializados a partir da segunda corrida. A partir desse bloco de testes, buscou-se analisar os sinais de atenção e como os diferentes estímulos do jogo, como os obstáculos e efeitos sonoros, afetam a performance da pessoa jogadora e suas habilidades de sustentação da atenção. Além disso, os voluntários também realizaram as outras duas atividades do jogo (coleta de recompensa e bônus) ao completar as missões.

O fluxo apresentado na Figura 20 demonstra os passos seguidos em cada uma das sessões.

Figura 20: Fluxo das atividades realizadas nas sessões de teste



Fonte: Autoria própria.

Em um primeiro momento, a funcionalidade do *headset* foi apresentada para os voluntários de forma simples, assim como o conceito geral do jogo. Ao final do primeiro bloco, foi questionado aos voluntários qual das ações teve um maior *feedback* visual no aumento da velocidade do personagem, para comparar com os níveis de atenção registrados. Entre as atividades do bloco 1 e bloco 2, foi definido um intervalo de 2 minutos. No segundo bloco, foi recomendado para a pessoa jogadora que ela poderia utilizar as ações que mais geraram *feedback* positivo na velocidade do personagem no bloco anterior ou aplicar outras estratégias de atenção que melhorassem o seu desempenho percebido no jogo.

4.3.4 Teste piloto

Um teste piloto foi aplicado com duas pessoas voluntárias e possuiu uma duração média de 15 minutos para cada participante. Os participantes eram diagnosticados com TDAH e tinham 9 e 10 anos de idade⁷. A partir dessa etapa, foram analisadas as características do jogo e dos procedimentos planejados para a pesquisa. Com base nas observações e entrevistas pós-teste realizadas com os participantes, foram verificadas as missões que geravam maior engajamento para o treinamento da atenção sustentada, além de analisar os fatores de otimização para o equilíbrio entre a dificuldade do jogo e as

⁷ Os responsáveis legais das crianças voluntárias assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido de participação no teste piloto do estudo.

habilidades da pessoa jogadora. Foram explorados os dados coletados nos registros dos voluntários, para validar as possíveis investigações. Foi verificada a efetividade na sua utilização para o controle das atividades do jogo desenvolvido. Foi possível através dessa etapa identificar e corrigir questões que poderiam prejudicar a realização e a análise do estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O jogo desenvolvido aliado a Interface Cérebro-Computador foi validado a partir dos dados experimentais coletados nas sessões de teste, reconhecendo a sua eficácia em identificar e aplicar o estado mental de atenção da pessoa jogadora no controle do mesmo, além de aumentar o nível de atenção das pessoas jogadoras ao longo da sua utilização. Nas seções a seguir, são apresentados o perfil da amostra do estudo e a análise completa dos resultados obtidos a partir dos testes definidos na subseção 4.3.1.

5.1 Perfil das pessoas voluntárias

Para o estudo, foram realizados testes da solução desenvolvida com 10 pessoas neurotípicas, ou seja, que não possuíam déficits de desenvolvimento neurológico¹. A amostra é composta por 5 pessoas do gênero feminino e 5 do gênero masculino, com idades entre 19 e 50 anos ($\sim 28,9$ anos – desvio padrão $\sim 10,65$). Todos participaram de forma voluntária neste estudo. Durante o experimento, todas as pessoas participantes não utilizaram qualquer medicação e não possuíam lesões que pudessem afetar os resultados. Nenhuma das pessoas voluntárias já haviam tido contato com dispositivos de Interface Cérebro-Computador e não haviam experimentado jogos baseados em *neurofeedback*. De modo que o sigilo e confidencialidade dos dados das pessoas voluntárias sejam mantidos, as mesmas são referenciadas no texto com números.

5.2 Desempenho a partir da instrução verbal

Como apresentado anteriormente, foram definidas para o bloco 1 as seguintes instruções verbais: falar durante o teste (ação 1), não focar o olhar em um ponto específico (ação 2), repetir mentalmente uma palavra ou uma música (ação 3), focar o olhar no movimento do personagem (ação 4) e a combinação das duas últimas (ação 5). Essas instruções foram definidas para analisar os efeitos desses elementos de distração e de foco

¹ A proposta inicial do estudo era realizar os testes do jogo desenvolvido com crianças em idade escolar diagnosticadas com TDAH, porém devido as restrições impostas pela pandemia da Covid-19 (como as limitações ao retorno das aulas presenciais e os regimes de atendimento não presencial), tais testes não foram permitidos.

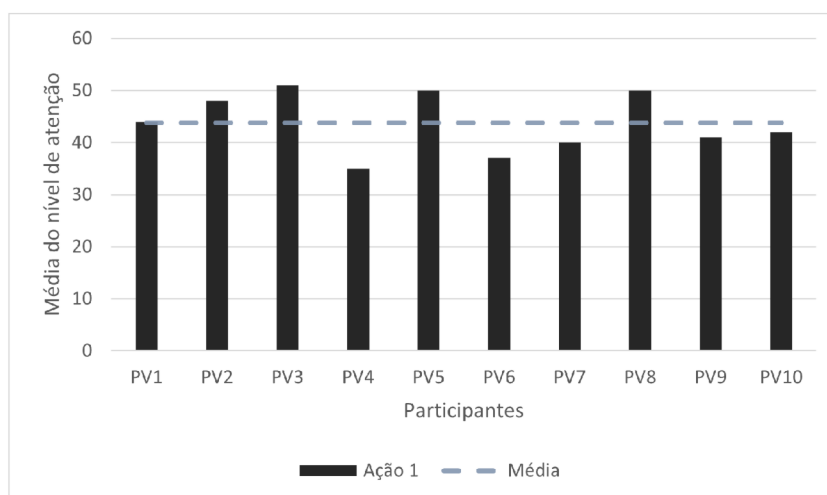
sobre o nível de atenção da pessoa voluntária durante a atividade de corrida. Além disso, as análises realizadas buscaram verificar a seguinte hipótese:

“Hipótese 1 (H1): A classificação do nível de atenção a partir do equipamento de Interface Cérebro-Computador se adapta adequadamente nas diferentes pessoas usuárias.”

Primeiramente, foi analisado o efeito de cada instrução sobre o nível de atenção da pessoa jogadora. Para isso, foram calculadas as médias dos níveis de atenção em testes de 60 segundos para cada uma das ações. Para verificar a variabilidade da média do nível de atenção observada em cada instrução, foi também calculado o desvio padrão e o coeficiente de dispersão. Para complementar a análise, após o registro das cinco ações, foi realizada uma rápida entrevista com a pessoa participante, questionando qual das ações teve um maior *feedback* visual no aumento da velocidade do personagem durante a corrida.

Na Ação 1 “falar durante o teste” buscou-se observar os efeitos da divisão da atenção sobre o nível de atenção identificado pelo dispositivo EEG. Ao dividir a atenção, é esperado que a eficiência e o desempenho da intenção de “prestar atenção” sejam afetados negativamente. Na Figura 21 são apresentadas as médias do nível de atenção de cada pessoa voluntária (identificada pela sigla PV) e a média total de atenção dessa instrução, tendo essa o valor de 43,8. A maior média do nível de atenção obtida foi de 51 e a menor, foi de 35. O desvio padrão do nível de atenção da amostra é de aproximadamente 5,73 e o coeficiente de variação é de 13,1%, indicando uma baixa dispersão.

Figura 21: Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 1

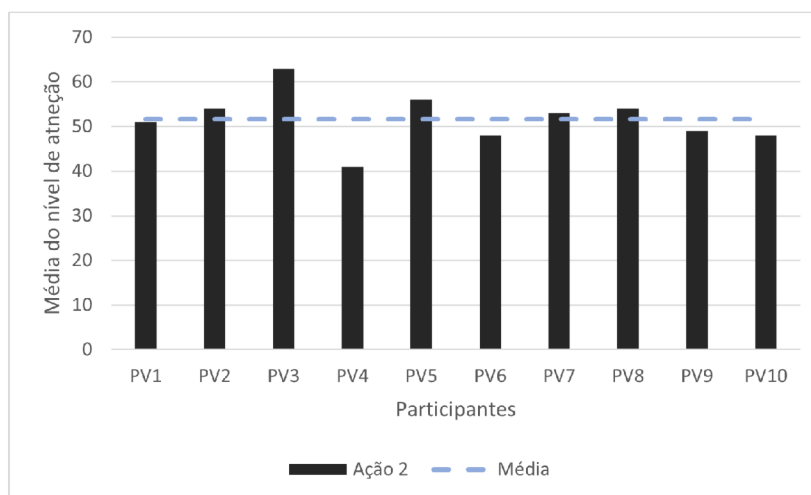


Fonte: Autoria própria.

Na Ação 2 “não focar o olhar em um ponto específico” buscou-se observar os efeitos da distribuição da atenção para os diferentes elementos do cenário sobre o nível de

atenção da pessoa jogadora. Com o movimento do cenário juntamente com o movimento do olhar pelo mesmo, sem focar em um elemento específico, é esperado que o desempenho da intenção de “prestar atenção” seja afetado negativamente, visto os diversos estímulos apresentados à pessoa jogadora. Na Figura 22 são apresentadas as médias do nível de atenção de cada pessoa voluntária (identificada pela sigla PV) e a média total de atenção dessa instrução, tendo essa o valor de 51,7. A maior média do nível de atenção obtida foi de 63 e a menor, foi de 41. O desvio padrão do nível de atenção da amostra é de aproximadamente 5,85 e o coeficiente de variação é de 11,3%, indicando uma baixa dispersão.

Figura 22: Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 2

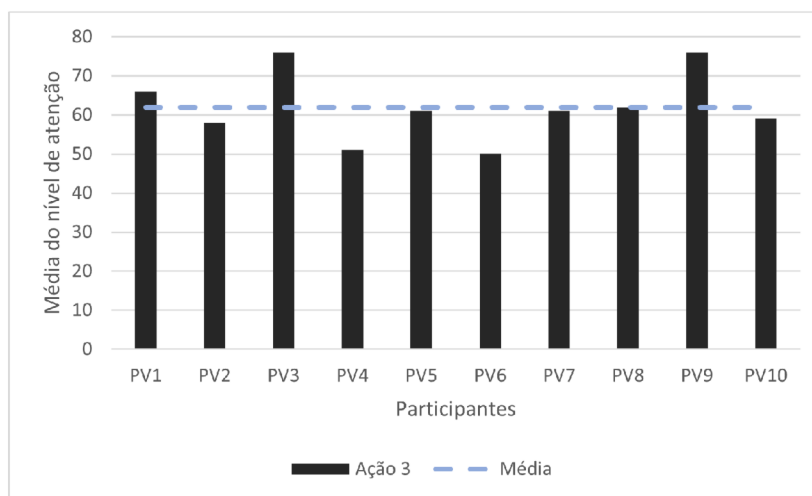


Fonte: Autoria própria.

Na Ação 3 “repetir mentalmente uma palavra ou uma música” buscou-se observar se a repetição mental de uma mesma palavra ou estrofe de música estimula o nível de atenção da pessoa jogadora positivamente. É esperado que o desempenho da intenção de “prestar atenção” seja maior ao realizar essa ação do que as anteriores, visto o estímulo direcionado ao aumento do foco. Na Figura 23 são apresentadas as médias do nível de atenção de cada pessoa voluntária (identificada pela sigla PV) e a média total de atenção dessa instrução, tendo essa o valor de 62. A maior média do nível de atenção obtida foi de 76 e a menor, foi de 50. O desvio padrão do nível de atenção da amostra é de aproximadamente 8,82 e o coeficiente de variação é de 14,2%, indicando uma baixa dispersão.

Na Ação 4 “focar o olhar no movimento do personagem” buscou-se observar os efeitos da aplicação da atenção em um único elemento do cenário sobre o nível de atenção da pessoa jogadora. Com a fixação do olhar sobre o movimento repetitivo do personagem é esperado que o desempenho da intenção de “prestar atenção” seja afetado positivamente, por estimular diretamente a atenção seletiva. Na Figura 24 são apresentadas as médias do nível de atenção de cada pessoa voluntária (identificada pela sigla PV) e a média total de

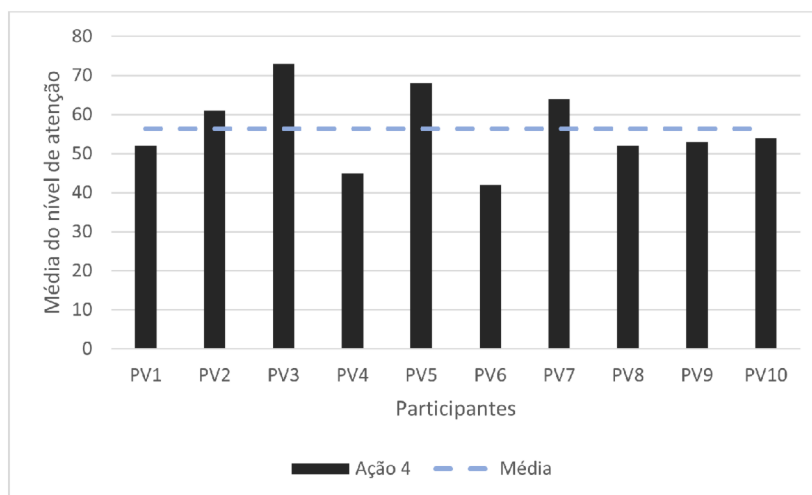
Figura 23: Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 3



Fonte: Autoria própria.

atenção dessa instrução, tendo essa o valor de 56,4. A maior média do nível de atenção obtida foi de 73 e a menor, foi de 42. O desvio padrão do nível de atenção da amostra é de aproximadamente 9,9 e o coeficiente de variação é de 17,6%, indicando uma dispersão média.

Figura 24: Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 4

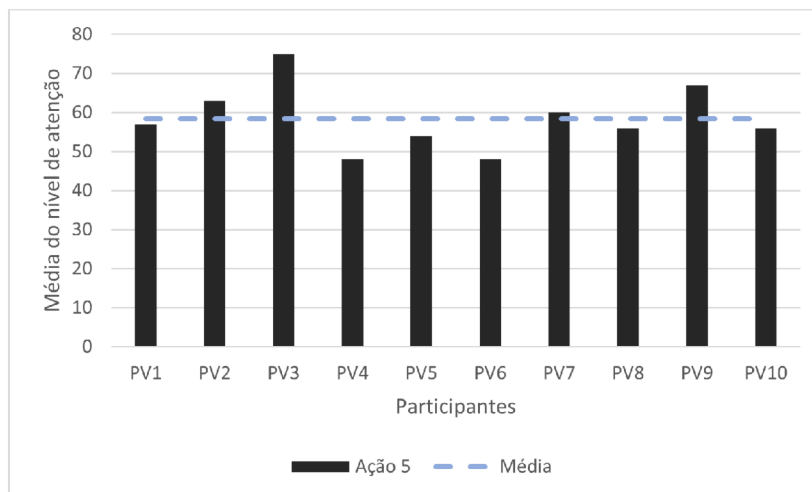


Fonte: Autoria própria.

Por fim, na Ação 5 “combinação das duas últimas ações” buscou-se observar se as instruções “repetir mentalmente uma palavra ou uma música” e “focar o olhar no movimento do personagem” são mais efetivas aplicadas de forma conjunta ou individualmente, analisando as habilidades de divisão da atenção de cada pessoa voluntária. Na Figura 25 são apresentadas as médias do nível de atenção de cada pessoa voluntária (identificada pela sigla PV) e a média total de atenção dessa instrução, tendo essa o valor de 58,4. A

maior média do nível de atenção obtida foi de 75 e a menor, foi de 48. O desvio padrão do nível de atenção da amostra é de aproximadamente 8,32 e o coeficiente de variação é de 14,2%, indicando uma baixa dispersão.

Figura 25: Gráfico do nível de atenção de cada voluntário na Ação 5



Fonte: Autoria própria.

A seguir são sumarizadas as médias do nível de atenção de cada pessoa voluntária para cada uma das ações na Tabela 7. Como esperado, as menores médias do nível de atenção ocorreram nas ações 1 e 2, tendo a ação 1 como a ação de menor desempenho, resultante da divisão da atenção. Como também esperado, as médias do nível de atenção das ações 3, 4 e 5 foram maiores do que as anteriores, visto que durante as mesmas foram aplicadas estratégias diretas ao aumento do foco. É possível observar que entre a ação 2 e a ação 3, houve um aumento médio de 10 pontos no nível de atenção. De modo geral, a ação 3 possuiu um desempenho maior em aumentar o nível de atenção do que as outras ações, porém seus efeitos variam entre os voluntários.

Nove das dez pessoas voluntárias (participantes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 e 10) afirmaram que a ação que teve o maior *feedback* visual foi a ação 3 “repetir mentalmente uma palavra ou uma música”. Além disso, a maioria informou ter escolhido apenas uma palavra para repetir durante o teste, enquanto que somente uma dessas nove pessoas afirmou que cantar mentalmente foi mais efetivo. A pessoa voluntária 7 afirmou que o maior *feedback* visual ocorreu durante a ação 4. Apenas as afirmações dos voluntários 2 e 5 divergem com as médias dos níveis de atenção, é possível observar que a diferença entre a ação afirmada e a ação com real maior *feedback* é de 3 e 7 pontos, para os voluntários 2 e 5 respectivamente. Porém, o restante das afirmações sobre os *feedbacks* condizem com os resultados.

A partir das observações das afirmações e dos dados, é possível afirmar que o dispositivo EEG adapta-se corretamente para a classificação dos níveis de atenção em diferentes pessoas. As instruções verbais desempenharam um papel importante durante a etapa de

Tabela 7: Média do nível de atenção para cada uma das ações do bloco 1

Identificação	Ação 1	Ação 2	Ação 3	Ação 4	Ação 5
Pessoa voluntária 1	44	51	66	52	57
Pessoa voluntária 2	48	54	58	61	63
Pessoa voluntária 3	51	63	76	73	75
Pessoa voluntária 4	35	41	51	45	48
Pessoa voluntária 5	50	56	61	68	54
Pessoa voluntária 6	37	48	50	42	48
Pessoa voluntária 7	40	53	61	64	60
Pessoa voluntária 8	50	54	62	52	56
Pessoa voluntária 9	41	49	76	53	67
Pessoa voluntária 10	42	48	59	54	56
Média	43,8	51,7	62	56,4	58,4

testes, pois introduziram para as pessoas voluntárias tanto o funcionamento do equipamento quanto do jogo.

5.3 Desempenho durante o jogo

Nessa seção são analisados os dados obtidos no segundo bloco de testes aplicados aos voluntários. O objetivo desse bloco de testes foi analisar os níveis de atenção e como os diferentes estímulos do jogo afetam a performance da pessoa jogadora e suas habilidades de sustentação da atenção durante a sua principal atividade: a corrida. O desempenho da pessoa jogadora durante essa atividade foi analisado a partir da média do nível de atenção em relação ao tempo total de corrida. Além disso, foi verificado por quanto tempo a pessoa jogadora conseguiu manter a atenção em um nível elevado ao longo da atividade. Essas análises buscaram verificar a seguinte hipótese:

“Hipótese 2 (H2): *O nível de atenção e a capacidade de sustentação da pessoa usuária irá aprimorar-se ao longo da utilização do jogo.*”

Para isso, foi solicitado que os voluntários realizassem pelo menos quatro vezes a atividade de corrida. Na primeira corrida, o jogo foi executado sem a música tema e sem efeitos sonoros, enquanto que na segunda, os diferentes sons foram ativados. Essas corridas verificaram qual configuração estimulava mais a atenção da pessoa jogadora, para que nas repetições seguintes, a melhor estratégia fosse aplicada. Para realizar essa análise, foram calculadas as médias do nível de atenção e a proporção do tempo de sustentação da atenção em um nível reduzido, neutro e elevado ao longo das duas primeiras repetições. Esses dados são apresentados nas Tabelas 8 e 9.

A partir das Tabelas 8 e 9 é possível observar que em 6 dos 10 participantes o som afetou positivamente a média do nível de atenção. Dentre esses, 4 pessoas voluntárias (PV1, PV2, PV4 e PV5) reduziram significativamente o tempo de “atenção reduzida” ao

Tabela 8: Média e proporção do nível de atenção ao longo da 1ª corrida (sem som)

Identificação	Média atenção	Atenção <40	Atenção entre >40 e <60	Atenção >60
PV1	56	35%	12%	53%
PV2	53	18%	37%	45%
PV3	73	7%	14%	79%
PV4	50	28%	42%	30%
PV5	54	27%	62%	10%
PV6	49	22%	54%	24%
PV7	42	51%	7%	41%
PV8	48	32%	40%	28%
PV9	54	11%	49%	40%
PV10	50	21%	55%	24%

Tabela 9: Média e proporção do nível de atenção ao longo da 2ª corrida (com som)

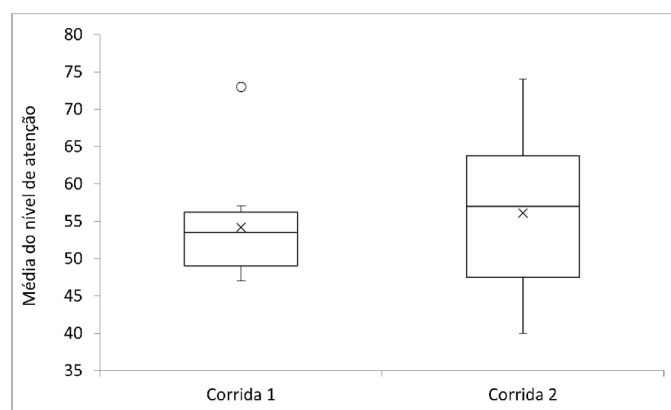
Identificação	Média atenção	Atenção <40	Atenção entre >40 e <60	Atenção >60
PV1	58	14%	38%	48%
PV2	56	9%	45%	46%
PV3	62	5%	37%	58%
PV4	53	20%	44%	36%
PV5	60	6%	34%	60%
PV6	48	25%	48%	27%
PV7	47	46%	39%	15%
PV8	49	34%	39%	27%
PV9	48	30%	43%	27%
PV10	40	52%	42%	6%

realizar a atividade de corrida com som: PV1 diminuiu 21%, PV2 diminuiu 9%, PV4 diminuiu 8% e PV5 diminuiu 21%. Além disso, a PV4 também teve um aumento de 6% do tempo de “atenção elevada”. Enquanto que a PV5 aumentou de 10% para 60% o tempo de “atenção elevada”. Apesar do participante 7 ter obtido uma maior média do nível de atenção ao realizar a corrida com som, o tempo de “atenção elevada” foi afetado negativamente, enquanto que o tempo de “atenção neutra” aumentou. Por fim, o participante 8 teve praticamente a mesma distribuição de níveis de atenção, tanto na corrida sem som quanto com som.

Na Figura 26 é possível observar que a média e o valor mediano das duas configurações de corrida são muito próximos, porém a corrida com som possui uma variabilidade maior de médias de níveis de atenção. A corrida sem som (corrida 1) possui um valor discrepante das médias obtidas, sendo este a média de atenção da pessoa voluntária 3. Apesar desse valor destoante, de modo geral, a corrida sem som não obteve níveis elevados de atenção.

Foram realizadas pelo menos mais 2 repetições da atividade de corrida para cada pessoa voluntária. Em média, cada voluntário realizou 20 minutos de prática dessa atividade. Destaca-se que após as duas primeiras práticas, a pessoa voluntária jogou com uma das

Figura 26: Gráfico boxplot das médias do nível de atenção nas corridas 1 e 2



Fonte: Autoria própria.

configurações (sem som ou com som), dependendo de qual estimulou mais a sua atenção percebida. Na Tabela 10 são apresentadas as médias do nível de atenção em cada uma das repetições realizadas pelas pessoas voluntárias. Os voluntários PV6 e PV10 realizaram 4 repetições, os voluntários PV1 e PV7 realizaram 5 repetições, enquanto o restante das pessoas voluntárias realizaram 6 repetições.

Tabela 10: Média do nível de atenção de cada voluntário em cada corrida

Identificação	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4	Corrida 5	Corrida 6
PV1	56	58	62	68	73	-
PV2	53	56	64	66	68	70
PV3	73	62	74	75	81	83
PV4	50	52	57	56	72	74
PV5	54	60	71	71	75	76
PV6	49	48	58	60	-	-
PV7	42	47	60	70	74	-
PV8	48	49	55	69	71	72
PV9	54	48	60	70	80	81
PV10	50	40	56	61	-	-

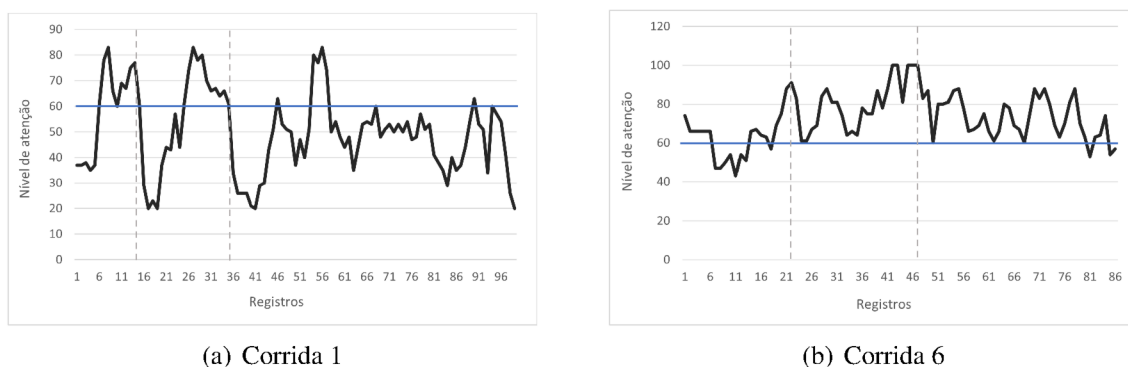
Em uma primeira observação da Tabela 10, já é possível notar o aumento do nível de atenção de cada voluntário ao longo das práticas. Entre a primeira e a última corrida a PV1 e PV2 aumentaram 17 pontos em sua média de nível de atenção, PV3 aumentou 10 pontos, PV4 aumentou 24 pontos, PV5 aumentou 22, PV6 aumentou 11, PV7 aumentou 33, PV8 aumentou 24, PV9 aumentou 28 e PV10 aumentou 11 pontos do nível de atenção.

É possível apontar que cada prática conseguiu aumentar em pelo menos um ponto o nível de atenção das pessoas voluntárias, variando apenas entre as duas primeiras práticas de adaptação da configuração abordada anteriormente, porém após escolher a melhor estratégia, o incremento do nível de atenção é observado, mesmo nos voluntários que re-

alizaram menos repetições. Para melhor observar o aprimoramento obtido, a seguir são apresentados os gráficos de níveis de atenção de duas pessoas voluntárias em sua primeira e última prática.

Nos gráficos da Figura 27 é possível observar o aprimoramento do nível de atenção da pessoa voluntária 4. Na Figura 27a nota-se que, apesar de em certos pontos, a pessoa voluntária 4 atingir níveis mais elevados de atenção, esses níveis não são sustentados, passando a maior parte da prática em níveis neutro ou reduzido. Além disso, é possível observar que a variabilidade de níveis é muito maior na primeira prática do que na última, com um nível mínimo de 20 e máximo de 83. Enquanto que na última prática (Figura 27b), além da variabilidade ser menor, o tempo de sustentação em um nível elevado é predominante, o que representa um aprimoramento das suas habilidades de autorregulamento e sustentação da atenção.

Figura 27: Gráficos dos níveis de atenção da PV4 nas corridas 1 e 6



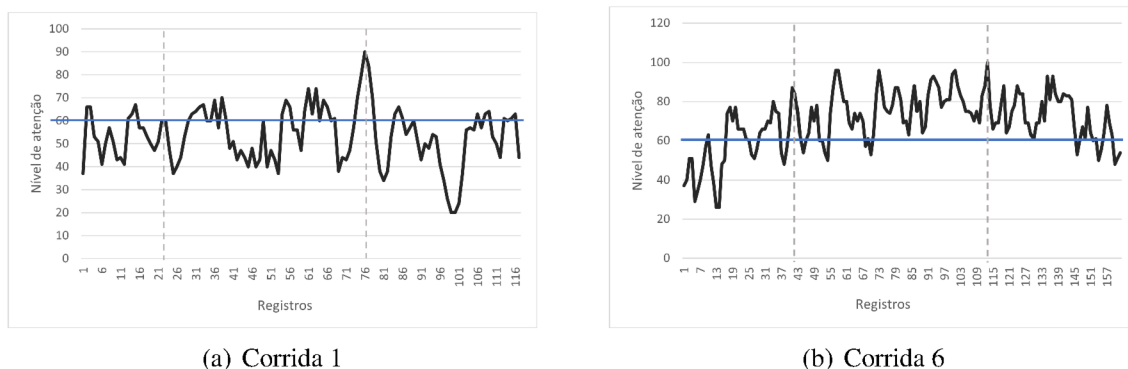
Fonte: Autoria própria.

As linhas tracejadas nos gráficos da Figura 27 apontam o momento de colisão do personagem com o obstáculo. Nota-se na primeira corrida que as maiores quedas de níveis de atenção da pessoa jogadora ocorrem nesse momento, visto a sua reação frente a uma “falha” pessoal durante o jogo. Porém, é possível observar que essas grandes quedas de níveis de atenção foram amenizadas ao longo da prática. Logo, percebe-se que em um primeiro momento, a colisão com os obstáculos pode afetar a performance das habilidades de sustentação da atenção durante a atividade de corrida, porém ao longo da prática, os efeitos podem ser atenuados.

Nos gráficos da Figura 28 é possível observar também o aprimoramento do nível de atenção entre a primeira e última corrida da pessoa voluntária 9. Nota-se que na primeira corrida, seu nível de atenção manteve-se predominantemente neutro, enquanto que na última corrida seu nível de atenção foi predominantemente elevado e seus efeitos sobre a reação frente a colisão com obstáculo também foi atenuada.

Nota-se através das Figuras 27 e 28 que aprimorar o tempo de sustentação em um nível elevado e com menos variação, resulta em um média do nível de atenção mais elevada.

Figura 28: Gráficos dos níveis de atenção da PV9 nas corridas 1 e 6



Fonte: Autoria própria.

Logo, é possível afirmar que todos os participantes, ao aumentarem seus níveis de atenção, também aprimoraram sua capacidade de sustentação da atenção.

5.4 Atividades de recompensa e relaxamento

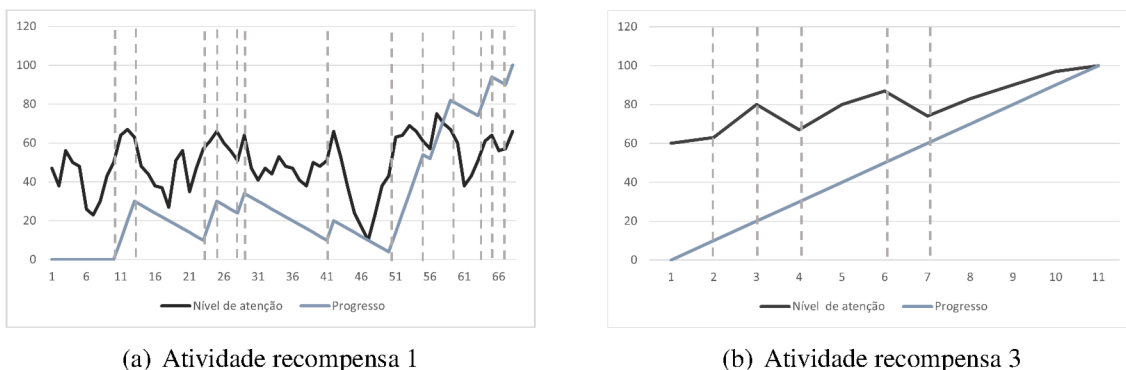
No bloco anterior, a principal atividade proposta para o jogo foi analisada, porém durante os testes, os voluntários também realizaram outras duas atividades, pelo menos uma vez: de coleta de recompensa e de bônus. Essas atividades foram realizadas pelo menos uma vez, pois todos os voluntários conseguiram finalizar pelo menos uma missão ao longo das práticas de corrida. Logo, nesse bloco é verificado o funcionamento dessas atividades.

Na Figura 29 são apresentadas duas repetições da atividade de coleta de recompensa da pessoa voluntária 4. As linhas tracejadas da figura indicam os pontos onde ocorreu decremento ou incremento da barra de progresso, sendo possível observar que a mesma funciona de acordo com a regra definida na Tabela 6 da subseção 4.2.1. Quando o nível de atenção da pessoa estava acima de 60, a barra de progresso incrementou, e quando esteve abaixo desse valor, a barra regrediu.

Na sua primeira atividade de recompensa (Figura 29a), a pessoa voluntária 4 teve um nível de atenção predominantemente reduzido e neutro, afetando assim o crescimento da barra de progresso. É possível perceber, que essa variação em seu nível de atenção, fez com que a realização dessa atividade tivesse uma dificuldade maior, demorando em cerca de 70 segundos para finalizá-la. Visto que essa atividade foi realizada após a primeira corrida, essa maior variância da sustentação da atenção assemelha-se com o próprio desempenho obtido na atividade de corrida (Figura 27a).

Na terceira atividade de recompensa (Figura 29b), a pessoa voluntária 4 teve um nível de atenção totalmente elevado. Não houve nenhum decremento da barra de progresso, pois o nível de atenção da PV4 nessa atividade esteve a todo momento acima de 60,

Figura 29: Gráfico do nível de atenção x progresso da barra (PV4)

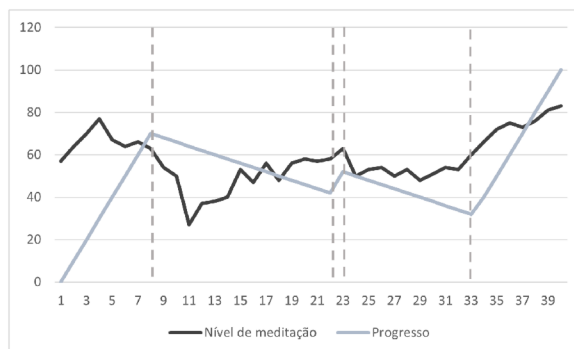


Fonte: Autoria própria.

resultando no crescimento constante da barra de progresso. A maior habilidade obtida da sustentação da atenção, após algumas práticas de corrida, fez com que a realização dessa atividade se tornasse mais fácil, demorando cerca de 10 segundos para finalizá-la.

Na Figura 30 é apresentada a primeira realização da atividade de relaxamento da pessoa voluntária 4. Assim como anteriormente, as linhas tracejadas da figura indicam os pontos onde ocorreu decremento ou incremento da barra de progresso. É possível observar que quando a pessoa jogadora atingiu níveis de meditação acima de 60, a barra de progresso incrementou, e quando esteve abaixo desse valor, a mesma regrediu, logo, é verificado o seu correto funcionamento.

Figura 30: Gráfico do nível de meditação x progresso da barra (PV4)



Fonte: Autoria própria.

5.5 Usabilidade e experiência

Todas as pessoas voluntárias responderam o questionário de usabilidade do sistema e de experiência *System Usability Scale* (SUS). O questionário é composto por 10 afirmações e cada afirmação do questionário é composta por pontos em uma escala de 1

a 5, que representam: “discordo fortemente”, “discordo”, “não concordo nem discordo”, “concordo” e “concordo fortemente”, respectivamente. A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir desse questionário.

Na Tabela 11 é apresentado um gráfico com os índices das respostas dos 10 voluntários para cada afirmação do questionário SUS.

Tabela 11: Frequência de cada escala de concordância das afirmações do questionário SUS

Afirmação	1	2	3	4	5
Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.	0	0	1	6	3
Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.	6	4	0	0	0
Eu achei o sistema fácil de usar.	0	0	0	1	9
Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.	4	2	2	2	0
Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.	0	0	0	0	10
Eu acho que o sistema apresenta muitos erros;	8	2	0	0	0
Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.	0	0	1	1	8
Eu achei o sistema atrapalhado de usar.	8	2	0	0	0
Eu me senti confiante ao usar o sistema.	0	0	1	3	6
Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.	4	3	3	0	0

As respostas à afirmação 1 “Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência” demonstram que 9 das 10 das pessoas jogadoras gostariam de utilizar a solução desenvolvida com mais frequência (abrangendo as respostas de índice 4 e 5), enquanto que apenas 1 participante mostrou-se neutro em relação a continuação da utilização. Todos os participantes concordaram com a afirmação 3 “Eu achei o sistema fácil de usar” (1 apenas concordou e 9 concordaram fortemente) e com a afirmação 5 “Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas” (todos concordaram fortemente).

Em relação as respostas da afirmação 7 “Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente” demonstra que 8 dos 10 voluntários concordaram fortemente, 1 apenas concordou e 1 mostrou-se neutro. Já na afirmação 9 “Eu me senti confiante ao usar o sistema”, 6 participantes responderam com “concordo fortemente”, 3 voluntários responderam com “concordo” e apenas 1 mostrou-se neutro.

As respostas à afirmação 2 “Eu acho o sistema desnecessariamente complexo” demonstram que 6 dos 10 participantes discordam fortemente, enquanto que 4 apenas discordaram. Porém as respostas à afirmação 4 “Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema” foi a afirmação com mais variação de respostas, onde 4 pessoas selecionaram a opção “discordo fortemente”, 2 selecionaram o índice “discordo”, 2 pessoas se mostraram neutros e 2 concordaram com a afirmação.

Essa variação pode ser justificada pelo fato de que nesse estudo todos os participantes voluntários tiveram seu primeiro contato com um dispositivo de Interface Cérebro-Computador.

Tanto na afirmação 6 “Eu acho que o sistema apresenta muitos erros” quanto na afirmação 8 “Eu achei o sistema atrapalhado de usar” todos os participantes discordaram, onde 8 pessoas discordaram fortemente e 2 pessoas apenas discordaram. Por fim, na afirmação 10 “Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema”, 4 voluntários discordaram fortemente, 3 pessoas apenas discordaram e 3 mostraram-se neutras.

Como definido por Brooke (1996), para calcular a usabilidade a partir das classificações acima, foram realizados os seguintes passos:

- Para as perguntas de números ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), foi subtraído 1 da pontuação dada pelo usuário;
- Para as perguntas de números pares (2, 4, 6, 8 e 10), foi subtraído 5 da nota recebida;
- Os valores resultantes das perguntas pares e ímpares foram somados;
- O valor total da soma foi multiplicado por 2,5.

A partir do valor resultante da multiplicação é possível classificar a usabilidade do sistema analisado em: para médias menores que 20,5 como “pior imaginável”, para índices entre 21 e 38,5 como “pobre”, entre 39 e 52,5 como “mediana”, entre 53 e 73,5 como “bom”, entre 74 e 85,5 como “excelente” e, por fim, entre 86 e 100 como “melhor imaginável”. Para isso, primeiramente foram calculadas as avaliações de usabilidade de cada participante seguindo os passos acima mencionados, os resultados dessas avaliações são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Resultado da avaliação de usabilidade de cada pessoa voluntária (PV)

Identificação	PV1	PV2	PV3	PV4	PV5	PV6	PV7	PV8	PV9	PV10
Avaliação	92,5	77,5	95	80	95	85	92,5	80	95	85

A menor avaliação de usabilidade obtida foi de 77,5 e a maior avaliação foi de 95. A média final da usabilidade da solução proposta foi de 87,75, classificando assim a sua usabilidade como “melhor imaginável”. O desvio padrão das avaliações é de aproximadamente 7,02 e o coeficiente de variação é de 8%, indicando uma baixa dispersão.

A experiência de utilização do equipamento de EEG MindWave também foi avaliada através de um questionário (Apêndice 1), sendo este composto por 4 perguntas de múltipla escolha e um campo textual para comentários de opinião da experiência geral do jogo e do equipamento. De modo geral, a experiência foi positiva para os voluntários.

A primeira pergunta verificou o conforto ao utilizar o equipamento MindWave, onde 8 pessoas o caracterizaram como “confortável”, 1 pessoa o classificou como “muito confortável” e 1 pessoa classificou a experiência como neutra. A segunda pergunta investigou a facilidade de posicionamento e ajuste do dispositivo EEG, onde 6 classificaram como “de certa forma, fácil de colocar e ajustar” e 4 classificaram como “muito fácil de colocar e ajustar”.

A terceira pergunta verificou se o voluntário sentiu dores de cabeça durante ou após a utilização do jogo, todos os voluntários afirmaram não terem sentido dor. Por fim, investigou-se a satisfação geral na utilização do equipamento MindWave, onde 6 pessoas classificaram como “muito satisfatória”, 3 pessoas classificaram como “satisfatória” e 1 pessoa afirmou ter sido uma experiência “nem frustrante nem satisfatória”.

Em relação ao campo textual para comentários sobre a experiência com o jogo e equipamento, 3 voluntários indicaram alterações. A primeira recomendou a adição de novos personagens, para permitir que a pessoa jogadora possa escolher aquele que mais a agrada e/ou gera empatia, além de adicionar obstáculos mais imprevisíveis. Enquanto que a segunda e terceira pessoa indicaram melhorar a animação do personagem referente a colisão lateral com os obstáculos, visto que a animação para a colisão frontal e lateral é a mesma. Tais alterações melhorariam a estética do jogo, porém nenhuma mudança sobre o controle a partir do equipamento foi indicada, demonstrando a satisfação dos voluntários com o jogo proposto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs o desenvolvimento de um Jogo Sériο integrado a uma Interface Cérebro-Computador, capaz de identificar o estado mental de atenção da pessoa jogadora e aplicá-lo no controle do jogo. Os maiores déficits enfrentados por pessoas com transtornos de atenção, hiperatividade e/ou impulsividade manifestam-se nas funções cognitivas responsáveis pela manutenção e autorregulação da atenção. Os tratamentos realizados para a atenuação da intensidade e frequência desses sintomas podem ser realizados através de uma abordagem farmacológica ou psicoterapêutica. Essa última abordagem pode aplicar como estratégia treinamentos cognitivos, com o auxílio de tecnologias, e atuar como uma reabilitação neuropsicológica.

Este estudo buscou compreender os efeitos da utilização do ambiente desenvolvido sobre as habilidades de autorregulação e sustentação da atenção e verificar sua capacidade de atuação como uma ferramenta de treinamento cognitivo. O controle do jogo realizado a partir de mecânicas baseadas em *neurofeedback*, permite a prática das habilidades de autorregulação do foco e sustentação da atenção a partir da estimulação cognitiva e visualização dinâmica do desempenho na realização dessas funções. Com base nos resultados obtidos através das sessões de teste, foi possível validar a eficácia do jogo aliado ao dispositivo de eletroencefalograma em identificar e aplicar o estado mental no controle, além de confirmar o seu potencial para o aprimoramento das habilidades de atenção ao longo de sua utilização.

A partir da Revisão Sistemática de Literatura realizada em Monteiro e Adamatti (2020), foi possível investigar de forma mais aprofundada como as soluções dessa área de pesquisa são desenvolvidas e conduzidas. Esse meio de intervenção demonstrou ser um método aplicável, confiável e eficaz, tanto como um instrumento para auxiliar no processo de diagnóstico de pessoas com TDAH quanto como uma ferramenta de apoio para a reabilitação neuropsicológica e aprimoramento cognitivo, apoiando o desenvolvimento da solução desenvolvida neste trabalho.

A Hipótese 1 do estudo “*A classificação do nível de atenção a partir do equipamento de Interface Cérebro-Computador se adapta adequadamente nas diferentes pessoas usuárias*” foi evidenciada e confirmada através do primeiro bloco de testes. A definição

de ações com elementos de distração e foco permitiu definir desempenhos esperados do nível atenção para verificar a adaptabilidade do dispositivo. Ao realizar as duas primeiras ações, que continham elementos de distração, as pessoas voluntárias tiveram um menor desempenho médio de nível de atenção, enquanto que nas três ações seguintes, com elementos de foco, o desempenho foi maior. De modo geral, a ação “repetir mentalmente uma palavra ou uma música” resultou em um desempenho maior no aumento do nível de atenção do que as outras ações. A ação com menor desempenho foi a ação “falar durante o teste”, podendo ser justificada pelo elemento de divisão de atenção. A partir dessas observações, foi possível afirmar que o dispositivo EEG adaptou-se corretamente.

Já a Hipótese 2 “*O nível de atenção e a capacidade de sustentação da pessoa usuária irá aprimorar-se ao longo da utilização do jogo*” foi investigada e confirmada através do segundo bloco de testes. A atividade de corrida foi realizada pelo menos quatro vezes por cada uma das pessoas voluntárias e cada prática conseguiu aumentar em pelo menos um ponto o nível de atenção de cada jogador. Observou-se que ao aprimorar a habilidade de sustentação da atenção em níveis elevados, é aprimorado juntamente a capacidade de regular a atenção para um nível de atenção também elevado.

A aplicação conjunta dos Jogos Sérios e Interfaces Cérebro-Computador possui grande potencial como ferramenta de apoio para reabilitação neuropsicológica, visto o seu baixo custo e acessibilidade, juntamente com sua capacidade de engajamento e motivação, podendo atuar como um método de treinamento cognitivo em tratamentos psicoterapêuticos para o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade. Parte dos resultados deste trabalho foram apresentados em um artigo publicado nos anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (Monteiro e Adamatti, 2020) e em um artigo publicado nos anais do Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital 2021 (Monteiro e Adamatti, 2021).

Este trabalho apresentou resultados interessantes que demonstram o potencial da solução desenvolvida. Em possíveis extensões deste estudo, sugere-se a realização de testes com pessoas diagnosticadas com TDAH e um maior número de sessões, para um acompanhamento da capacidade de aprimoramento da atenção através do jogo e a continuidade das habilidades adquiridas ao longo do tempo. A aplicação de novos testes do estudo com crianças com TDAH em idade escolar pode ser apoiada pela avaliação de professores e familiares em relação ao desempenho e o comportamento do estudante pré e pós aplicação da solução.

Além disso, recomenda-se a criação de novos elementos gráficos para o jogo, como novos personagens e novas animações, para gerar maior empatia da pessoa jogadora com o jogo. Além disso, sugere-se a adição de um *ranking* e pontuações para as missões realizadas, onde os jogadores podem competir pelo pódio e novas recompensas. Espera-se que a criação de um ambiente competitivo engaje ainda mais a pessoa jogadora com a utilização da solução.

REFERÊNCIAS

Alchalabi, A. E.; Shirmohammadi, S.; Eddin, A.; Elsharnouby, M. FOCUS: Detecting ADHD patients by an EEG-based serious game. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, [S.l.], v.PP, p.1–9, jun. 2018.

Almeida, R. S.; Crispim, M. S. S.; Silva, D. S.; Souza, L. F. C.; Fermoseli, A. F. O. A Psicofisiologia da atenção: uma revisão bibliográfica. **Ciências Humanas e Sociais**, Alagoas, v.5, n.1, p.123–136, nov. 2018.

American Psychiatric Association. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5**. 5ª.ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2014.

Anghinah, R.; Medeiros Kanda, P. A. de; Jorge, M. S.; Paiva Melo, A. C. de. Eletrencefalograma quantitativo e topográfico (mapeamento cerebral): estudo do padrão normal para uma população adulta. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, [S.l.], v.56, n.1, p.59–63, mar. 1998.

Barbosa, A. F. **Um sistema inteligente de classificação de sinais de EEG para Interface Cérebro-Computador**. 2012. 58p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

BFNFT. **NeuroSky home use device for neurofeedback**. Acessado em: 23/06/2021, <https://biofeedback-neurofeedback-therapy.com/neurosky/>.

Blandon, D.; Munoz, J.; Lopez, D.; Henao, O. Influence of a BCI neurofeedback videogame in children with ADHD: Quantifying the brain activity through an EEG signal processing dedicated toolbox. **IEEE 11th Colombian Computing Conference (CCC)**, [S.l.], p.1–8, set. 2016.

Bos, A.; Pizzato, M.; Vettori, M.; Donato, L.; Soares, P.; Fagundes, J.; Zaro, M. Empirical Evidence during the Implementation of an Educational Chatbot with the Electroencephalogram Metric. **Creative Education**, [S.l.], v.11, p.2337–2345, dez. 2020.

Brasil. Ministério da Saúde. **Relatório Conitec nº 601: Metilfenidato e lisdexanfetamina para indivíduos com Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade**. Acessado em: 20/10/2021, http://conitec.gov.br/images/Relatorios/2021/20210319_Relatorio_601_metilfenidato_lisdexanfetamina_TDAH.pdf.

Broadbent, D. E. **Perception and Communication**. New York: Oxford University Press, 1958.

Brooke, J. **SUS: A “quick and dirty” usability scale**. London: Taylor & Francis, 1996.

Casagrande, W. D. **Identificação de Estado Mental de Atenção Através do EEG para Treinamento com Neurofeedback**. 2019. 70p. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

Castro, C.; Lima, R. Consequências do transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) na idade adulta. **Psicopedagogia**, São Paulo, v.35, p.61–72, maio 2018.

Couto, T. d. S.; Melo-Junior, M. R. de; Gomes, C. R. d. A. Aspectos neurobiológicos do transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH): uma revisão. **Ciências e Cognição**, [S.l.], v.15, p.241 – 251, abr. 2010.

Cruz, L. F. P. d. **Funções executivas e atenção: análise em crianças com TDAH com e sem uso do metilfenidato**. 2017. 115p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Neurociências Cognitiva e Comportamento - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB.

Effgem, V.; Canal, C. P.; Missawa, D. D. A.; Rossetti, C. B. A visão de profissionais de saúde acerca do TDAH - processo diagnóstico e práticas de tratamento. **Construção Psicopedagógica**, online, v.25, n.26, p.34–45, 2017.

Girão, M. S.; Colaço, V. d. F. R. TDAH na infância contemporânea: um olhar a partir da sociologia da infância e da psicologia histórico cultural. **Pesquisas e Práticas Psicossociais**, São João del-Rei, v.13, p.1 – 13, abr. 2018.

James, W. **The Principles of Psychology**. New York: Dover Publications, 1890.

Larsen, D. S. N.; Kegelmeier, D. A.; Buford, J. A.; Kloos, A. D.; Heathcock, J. C.; Basso, M. B. **Neurologic Rehabilitation: Neuroscience and Neuroplasticity in Physical Therapy Practice**. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

Lee, X.; Koukouna, E.; Lim, C.; Guan, C.; Lee, T.; Fung, D. Can We Play with ADHD? An Alternative Game-Based Treatment for Inattentive Symptoms in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. In: *Subconscious Learning via Games and Social Media*, 2015, Singapore. **Anais...** Springer Singapore, 2015. p.69–86.

Lim, C.; Lee, T.; Guan, C.; Fung, D.; Zhao, Y.; Teng, S.; Zhang, H.; Krishnan, K. A Brain-Computer Interface Based Attention Training Program for Treating Attention Deficit Hyperactivity Disorder. **PloS one**, [S.l.], v.7, out. 2012.

Lopes, A. C. P.; Rosa, L. C.; Beleboni, R. d. O.; Pereira, R. N. R.; Vasconcelos, C. A. C. d.; Moreira, J. E. Aspectos moleculares da transmissão sináptica. **Revista Medicina**, Ribeirão Preto, SP, v.32, n.2, p.167–188, 1998.

Maia, M. I. R.; Confortin, H. TDAH e Aprendizagem: um desafio para a educação. **Perspectiva**, Erechim, v.39, p.73–84, dez. 2015.

McGonigal, J. **Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World**. Londres: Jonathan Cape, 2011.

Mercado, J.; Espinosa Curiel, I.; Escobedo, L.; Tentori, M. Developing and evaluating a BCI video game for neurofeedback training: the case of autism. **Multimedia Tools and Applications**, [S.l.], v.78, nov. 2018.

Monte, W.; Ferreira, A.; Demoly, K.; De-Bortoli, R. Neuroplasticidade e jogos digitais: uma compreensão a partir da Biologia da Cognição. **Proceedings of XIII SJEEC**, online, p.76–85, jul. 2019.

Monteiro, G. T.; Adamatti, D. F. Serious Games e Neurofeedback como alternativa de tratamento de indivíduos com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade: uma revisão sistemática. **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, Porto Alegre, RS, Brasil, p.752–761, 2020.

Monteiro, G. T.; Adamatti, D. F. Desenvolvimento de um Jogo Sérioso controlado por Neurofeedback para auxílio no tratamento de pessoas com TDAH. **Proceedings of SBGames 2021**, Gramado, RS, out. 2021.

NeuroSky. **MindWave User Guide**. Acessado em: 23/06/2021, http://developer.neurosky.com/docs/lib/exe/fetch.php?media=mindwave_user_guide.pdf.

Oliveira, A. d. A.; Neto, F. H. C. **Anatomia e Fisiologia: a incrível máquina do corpo humano**. 2ª.ed. Fortaleza, CE: EdUECE, 2015. 183p.

Oliveira, K. S.; Lima, C. S.; Couto, F. C. P. Jogos digitais e funções executivas em escolares com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH): algumas reflexões. **Cenas Educacionais**, Caetité - BH, v.2, n.1, p.29–43, 2019.

Oliveira, L.; Ishitani, L.; Cardoso, A. Jogos Computacionais e Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade: Revisão Sistemática de Literatura. **Taller Internacional de Software Educativo**, Porto Alegre, jan. 2013.

Organização Mundial da Saúde. **Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde: CID-10 Décima revisão. 3ª.ed.** São Paulo: EDUSP, 1996. v.II.

Oum, K. V. **Brain computer interface gaming: development of concentration based game design for research environments.** 2010. 89p. Dissertação (Master) — Digital Media - Drexel University, Philadelphia.

Park, K. E.; Kihl, T.; Park, S.; Kim, M.-J.; Chang, J. Fairy tale directed game-based training system for children with ADHD using BCI and motion sensing technologies. **Behaviour & Information Technology**, [S.l.], v.38, p.1–14, nov. 2018.

Ramos, D. K.; Segundo, F. R. Jogos Digitais na Escola: aprimorando a atenção e a flexibilidade cognitiva. **Educação & Realidade**, online, v.43, n.2, p.531–550, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-623665738>.

Rodrigues, P. G. **Extração de Características em Interfaces Cérebro-Máquina Utilizando Métricas de Redes Complexas.** 2018. 125p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica - Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, SP.

Rohani, D.; Puthusserypady, S. BCI inside a virtual reality classroom: a potential training tool for attention. **EPJ Nonlinear Biomedical Physics**, [S.l.], v.3, dez. 2015.

Santana, R. A. **Roteamento em Redes Ópticas Transparentes Utilizando Redes Neurais de Hopfield.** 2010. 103p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Computação - Universidade de Pernambuco, Recife.

Sarinho, V. T. Uma Proposta de Game Design Canvas Unificado. **Proceedings of SBGames 2017**, Curitiba, PR, p.141–148, nov. 2017.

Schuh, A. R. **Interface cérebro-computador híbrida e colaborativa no processo de tomada de decisão.** 2017. 138p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Silva, I. C. S.; Bittencourt, J. R. Game thinking is not game design thinking! Uma proposta de metodologia para o projeto de jogos digitais. **Proceedings of SBGames 2017**, São Paulo, SP, p.295–304, set. 2016.

Simões, P. M. U. Análise de Estudos sobre Atenção Publicados em Periódicos Brasileiros. **Psicologia Escolar e Educacional**, [S.l.], v.18, n.2, p.321–330, 2014.

Theodório, D. P.; Silva, A. P.; Scardovelli, T. A. Jogos sérios brasileiros para auxílio do diagnóstico e tratamento de TDAH: uma revisão integrativa. **Interfaces da Educação**, Paranaíba, v.11, n.32, p.60–78, abr. 2020.

Thomas, K. P.; Vinod, A.; Guan, C. Design of an online EEG based neurofeedback game for enhancing attention and memory. **Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, [S.l.], v.2013, p.433–436, jul. 2013.

Torres, E. A. **Simulador de tecnologias de pulverização agrícola utilizando o motor de jogos Unity**. 1-43p. Monografia (Bacharel em Engenharia de Automação) - Centro de Ciências Computacionais - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2018.

Vasconcellos, M. S.; Carvalho, F. G.; Dias, C. M. Proposta de Um Método Descritivo Formal de Regras de Jogos Sérios. **Proceedings of SBGames 2017**, Curitiba, nov. 2017.

Vieira, J. S. B. **A atenção dividida na fase inicial da Doença de Alzheimer**. 2017. 57p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Neurociências Cognitivas e Neuropsicologia - Universidade do Algarve.

Vinuesa, F. García de. Prehistoria del TDAH: Aditivos para un diagnóstico insostenible. **Papeles del Psicólogo - Psychologist Papers**, [S.l.], v.38, n.2, p.107–115, maio 2017.

Wolpaw, J.; Birbaumer, N.; Mcfarland, D.; Pfurtscheller, G.; Vaughan, T. Brain-computer interfaces for communication and control. **Clinical neurophysiology**, [S.l.], v.113, p.767–91, jul. 2002.

APÊNDICE 1

Questionário de usabilidade

A fim de avaliar o jogo, por favor preencha o seguinte questionário. Ao responder esse questionário, você expressa se concorda ou não com as suas afirmações. Marque a sua resposta da forma mais espontânea possível. Não pense muito na resposta, porque a sua avaliação imediata é muito importante para o estudo.

	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu achei o sistema fácil de usar.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o sistema.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu acho que o sistema apresenta muitos erros.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar esse sistema rapidamente.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu achei o sistema atrapalhado de usar.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu me senti confiante ao usar o sistema.	☐	☐	☐	☐	☐
Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar o sistema.	☐	☐	☐	☐	☐

Opinião sobre o equipamento MindWave

A fim de avaliar o equipamento utilizado, por favor preencha o seguinte questionário. Ao responder esse questionário, você expressa a sua opinião e percepção sobre o dispositivo apresentado. Marque a sua resposta da forma mais espontânea possível. Não pense muito na resposta, porque a sua avaliação imediata é muito importante para o estudo. Caso exista alguma dúvida, peça ajuda para a aplicadora

1) Em relação ao conforto, o equipamento MindWave foi:

- a) Muito desconfortável
- b) Desconfortável
- c) Neutro
- d) Confortável
- e) Muito confortável

2) Em relação a facilidade de colocá-lo e ajustá-lo, o equipamento MindWave foi:

- a) Muito difícil de colocar e ajustar
- b) De certa forma, difícil de colocar e ajustar
- c) Nem difícil e nem fácil de colocar e ajustar
- d) De certa forma, fácil de colocar e ajustar
- e) Muito fácil de colocar e ajustar

3) Você sentiu dor de cabeça durante ou logo após a utilização do jogo?

- a) Sim
- b) Não

4) Em relação a satisfação, a experiência ao utilizar o equipamento Mindwave foi:

- a) Muito frustrante
- b) Frustrante
- c) Nem frustrante nem satisfatória
- d) Satisfatória
- e) Muito satisfatória

5) Caso a experiência tenha sido frustrante ou você possua alguma dica para melhorá-la, comente abaixo:

--

APÊNDICE 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Interface Cérebro-Computador integrada a um Jogo Sérió para o treinamento da atenção

Pessoa voluntária: _____ RG: _____

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa "Interface Cérebro-Computador integrada a um Jogo Sérió para o treinamento da atenção", de responsabilidade da pesquisadora Giulia Tondin Monteiro. A sua participação não é obrigatória e a qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Uma possível recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a instituição.

O objetivo deste estudo é relacionar através da coleta de sinais cerebrais a efetividade de controle de um Jogo Sérió desenvolvido para o estudo e os efeitos sobre as habilidades de autorregulação e sustentação da atenção.

A participação nesta pesquisa será voluntária e consistirá em realizar uma atividade experimental para o teste de um jogo eletrônico. O jogo utilizará da captura de sinais cerebrais, através de um método não invasivo, para controlar algumas de suas funcionalidades.

Os benefícios relacionados com a participação não são diretos aos envolvidos, mas permite um melhor entendimento da atividade cognitiva de atenção, possibilitando o aperfeiçoamento do ambiente desenvolvido para que os seus possíveis benefícios auxiliem no tratamento psicoterapêutico de pessoas com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, e caso seja necessário utilizar o nome será na forma de suas iniciais ou utilizando outro identificador, como nome de flores, por exemplo.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional dos pesquisadores principais e do CEP, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Assinatura da pesquisadora

Eu, _____, RG nº _____ declaro ter sido informado e concordo com a minha participação, como voluntário, no projeto de pesquisa acima descrito. Rio Grande, ____ de _____ de _____.

Responsável por obter o consentimento (assinatura e RG)

Testemunha (assinatura e RG)

Testemunha (assinatura e RG)

Pesquisadora : Giulia Tondin Monteiro
Endereço Institucional: Universidade Federal do Rio Grande
Centro de Ciências Computacionais
Av. Itália, Km 8 - Campus Carreiros - Rio Grande - RS - BRASIL - 96201900
Email: giuliatondinm@gmail.com
Orientadora Prof^ª Dr^ª Diana Francisca Adamatti