



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO UFC VIRTUAL**  
**BACHARELADO EM SISTEMAS E MÍDIAS DIGITAIS**

**KEVINY MAGALHÃES QUEIROZ**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO SÉRIO PARA APOIAR A  
DETECÇÃO DE TDAH**

**FORTALEZA**

**2022**

KEVINY MAGALHÃES QUEIROZ

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO SÉRIO PARA APOIAR A  
DETECÇÃO DE TDAH

Tese ou Dissertação apresentada ao curso de Graduação em Bacharelado em Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Sistemas e Mídias Digitais.

Orientador: Prof. Edgar Marçal.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- Q44d Queiroz, Keviny Magalhães.  
Desenvolvimento e avaliação de um jogo sério para apoiar a detecção de TDAH / Keviny Magalhães Queiroz. – 2022.  
43 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Curso de Sistemas e Mídias Digitais, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Edgar Marçal.
1. TDAH. 2. Neurofeedback. 3. Jogos digitais. 4. Eletroencefalografia. 5. Interface Cérebro-Computador. I. Título.

CDD 302.23

---

KEVINY MAGALHÃES QUEIROZ

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO SÉRIO PARA APOIAR A  
DETECÇÃO DE TDAH

Tese ou Dissertação apresentada ao curso de Graduação em Bacharelado em Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Sistemas e Mídias Digitais.

Aprovada em: 19/07/2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Edgar Marçal de Barros Filho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. José Gilvan Rodrigues Maia  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profª. Esp. Iany Tamilla Pereira Batista  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho à minha mãe Maria Salete, meu pai Francisco Elinaldo e meu irmão Reinaldo Magalhães Queiroz, pelo amor destes que me deram forças para ir em frente.

## RESUMO

O Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é uma alteração neurobiológica que apresenta como sintomas a falta de atenção, a hiperatividade e/ou impulsividade. Diferentes abordagens são usadas para alcançar a detecção desse transtorno em crianças e adolescentes. Uma técnica inovadora usada para o tratamento do transtorno é a aplicação de Interfaces Cérebro-Computador (ICC) no ambiente clínico.

Este artigo tem como objetivo descrever o processo completo de construção, desde a especificação até a validação, de uma solução voltada para auxiliar a detecção de TDAH, por meio de um jogo de neurofeedback que adapta o teste de Stroop em uma aplicação interativa através de uma Interface Cérebro-Computador e reconhecimento de voz. A ferramenta desenvolvida foi testada com dez crianças, metade com o diagnóstico confirmado do TDAH e a outra metade sem a presença desse transtorno.

Os resultados do estudo são promissores. Por um lado, no aspecto da usabilidade da ferramenta, os testes demonstraram que as crianças conseguiram utilizar o jogo por inteiro, realizando todos os testes contidos nele e permitindo o monitoramento cerebral. Por outro lado, os dados obtidos a partir da aquisição e análise das ondas EEG indicam que a solução gerou informações condizentes, conforme referências científicas, com o esperado pela influência do TDAH.

**Palavras-chave:** TDAH; Neurofeedback; Jogos digitais; Eletroencefalografia; Interface Cérebro-Computador;

## ABSTRACT

Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) is a neurobiological disorder that presents symptoms of inattention, hyperactivity and/or impulsivity. Different approaches are used to achieve detection of this disorder in children and teenager. An innovative technique used for the treatment of the disorder is the application of Brain-Computer Interfaces (BCI) in the clinical environment.

This article aims to describe the complete construction process, from specification to validation, of a solution aimed at helping the detection of ADHD through a neurofeedback game that adapts the Stroop test in an interactive application using a Brain-Computer Interface and Voice Recognition. The tool was tested with ten children, half with a confirmed diagnosis of ADHD and the other half without the presence of this disorder.

The study results are promising. On the one hand, in terms of the usability of the tool, the tests showed that the children were able to use the game in its entirety, performing all the tests contained in it and allowing brain monitoring. On the other hand, the data obtained from the acquisition and analysis of the EEG waves indicate that the solution generated information consistent, according to scientific references, with what was expected from the influence of ADHD.

**Keywords:** ADHD; Neurofeedback; Digital games; Electroencephalography; Brain-Computer Interface;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Módulo de TimeSeries com as ondas de 8 eletrodos	17
Figura 2	– Módulo de Potência de banda	18
Figura 3	– Módulo de Potência de banda modificado	18
Figura 4	– Módulo de Foco	19
Figura 5	– Módulo de Internet	20
Figura 6	– Teste de Stroop	22
Figura 7	– Tela de treinamento da máquina	23
Figura 8	– Fluxograma do teste	25
Figura 9	– Posicionamento dos eletrodos da touca	26
Figura 10	– Infográfico da solução integrada	27
Figura 11	– Tela de calibração	29
Figura 12	– Tela de desconcentrado	29
Figura 13	– Tela de exemplo de cores	30
Figura 14	– Tela do teste	30
Figura 15	– Pontuação	31
Figura 16	– Criança testando o jogo	31



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Ondas durante o teste da criança sem TDAH	33
Gráfico 2 – Ondas durante o teste da criança com TDAH	33
Gráfico 3 – Colunas das médias da criança sem TDAH	33
Gráfico 4 – Colunas das médias da criança com TDAH	33

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Tabela comparativa dos testes	32
Tabela 2 – Reconhecimento de voz durante os testes	20

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade
BCI	Brain-Computer Interface
ICC	Interface Cérebro-Computador
ML5	Machine Learning 5
EEG	Eletroencefalograma
OSC	Open Sound Control
IDE	Integrated Development Environment

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b>	15
<b>2.1</b>	<b>Desenvolvimento da solução</b>	17
<i>2.1.1</i>	<i>Time Series</i>	17
<i>2.1.2</i>	<i>Band Power</i>	18
<i>2.1.3</i>	<i>Focus Widget</i>	19
<i>2.1.4</i>	<i>Networking</i>	20
<b>2.2</b>	<b>Jogo de Neurofeedback</b>	20
<i>2.2.1</i>	<i>Conceito do jogo</i>	21
<i>2.2.2</i>	<i>Ferramentas</i>	23
<i>2.2.3</i>	<i>O Experimento</i>	24
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b>	27
<b>3.1</b>	<b>A solução integrada</b>	27
<b>3.2</b>	<b>Dados coletados</b>	32
<i>3.2.1</i>	<i>Sinais EEG</i>	32
<i>3.2.2</i>	<i>Reconhecimento de voz</i>	34
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	35
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	37
	<b>REFERÊNCIAS</b>	38
	<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b>	41
	<b>APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b>	44

## 1 INTRODUÇÃO

O Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) é uma condição neurobiológica caracterizada pela combinação dos sintomas percebidos pela falta de atenção, hiperatividade e impulsividade, acarretando uma demanda por atendimento neurológico e psicopedagógico. (CASTRO; LIMA, 2018). Os sintomas deste transtorno estão presentes em aproximadamente 5% das crianças e adolescentes, independente do seu cenário cultural. (TERUEL et al., 2017).

O diagnóstico do TDAH é realizado predominantemente através de uma minuciosa investigação clínica do paciente, porém é indicada a realização de um processo amplo, em que possam ser utilizados vários recursos instrumentais, como: entrevistas, escalas, testes psicológicos (BARKLEY, 1999).

Apesar dos métodos de avaliação já serem estabelecidos, as pesquisas alertam uma imprecisão no processo desse diagnóstico. Os testes psicológicos, por exemplo, ainda que forneçam parâmetros que enriquecem o processo de avaliação, apresentam a necessidade de maiores estudos (GRAEFF, 2008). Neste cenário, os casos apontam para a necessidade de construção de novas estratégias para o diagnóstico e o tratamento do TDAH (MISSAWA, 2014).

Uma terapia inovadora que tem sido utilizada no tratamento do TDAH é o treinamento de neurofeedback. (GUAN et al., 2020). Neurofeedback ou biofeedback EEG (eletroencefalográfico) é o treino das ondas cerebrais (HAMMOND, 2011) que tem se destacado em alguns estudos como uma alternativa não medicamentosa e não invasiva no tratamento de crianças com TDAH (COSTA et. al, 2021).

Durante os treinamentos de neurofeedback, a Interface Cérebro-Computador - ICC (em inglês, Brain-Computer Interface – BCI) é responsável pela aquisição e transmissão dos dados neurofisiológicos (ABIRI et al, 2019). Uma ICC é um tipo de interface de usuário que permite a interação com sistemas computacionais sem a necessidade de qualquer movimento corporal, utilizando apenas sinais elétricos gerados pelo cérebro. A ICC coleta e interpreta os sinais cerebrais, utilizando algoritmos de aprendizagem de máquina, e os transmite para um computador conectado a ela.

Ao inserir os elementos de gamificação em aplicações de neurofeedback, surgem os neurofeedback games, que podem ser enquadrados sob o conceito de jogos sérios.

Jogos sérios são jogos projetados para educar, treinar, mudar comportamentos à medida que divertem os jogadores, embora não tenham como finalidade o entretenimento ou a diversão. (ZYDA, 2005).

David et al. (2016) fizeram uma pesquisa bibliográfica sobre a importância dos jogos sérios no desenvolvimento de novas tecnologias dedicadas à assistência médica, formas para melhorar a avaliação e o acompanhamento de diferentes patologias, auxiliando no diagnóstico e no tratamento. Eles apresentaram soluções tecnológicas importantes, como sensores vestíveis, sensores ambientais (análise automática visual e de fala) e soluções digitais (jogos sérios e realidade virtual).

Os neurofeedback games fazem parte desse grupo de jogos que geram importantes benefícios aos seus usuários, como: aumento do tempo de concentração; redução da ansiedade; melhoria na leitura e na compreensão textual; diminuição do comportamento hiperativo; e ampliação do interesse e do engajamento na realização das atividades. (DA MATA, 2016) (MERCADO et al., 2018) (PARK et al, 2018) (VASILJEVIC; DE MIRANDA, 2020). Acrescenta-se ainda o fato de os sintomas do TDAH serem verificados antes dos doze anos de idade (BARBARINI, 2020), uma faixa etária que tem os jogos eletrônicos presentes em seu cotidiano.

Visando unir as inovações do tratamento de TDAH através das interfaces cérebro-computador e as benesses da aplicação dos jogos sérios em ambientes de avaliação, este projeto tem por objeto produzir e avaliar um jogo de neurofeedback com ICC que auxilie os profissionais da área da detecção de TDAH, considerando os desafios tecnológicos e práticos.

## **2 METODOLOGIA**

Nesta seção, vamos elucidar quais itens participam da totalidade desse projeto e explicar a função de cada um.

A solução tecnológica desenvolvida neste projeto é sustentada por um equipamento de hardware que inclui: equipamento de captura de ondas cerebrais + Touca de eletrodos, dois notebooks, um microfone e um celular com câmera; e software que inclui: uma versão adaptada do sistema de aquisição de dados EEG - OpenBCI Interface - e um jogo de neurofeedback.

Segue a lista classificada dos itens em mais detalhes:

### **Hardware:**

- **Aparelho EEG**
  - Touca com eletrodos
  - Cyton Board 8 Channels Bluetooth
  - Dongle USB Bluetooth
- **Computadores**
  - Computador do usuário (Executando o jogo)
  - Computador do profissional da saúde (Executando o Sistema de Coleta de Dados)
- **Periféricos de áudio e vídeo**
  - Microfone HyperX Solocast (para o reconhecimento de voz)
  - Câmera de celular (para a gravação do teste e análise)

### **Software:**

- **Sistema de Coleta de Dados**
  - Aplicação que receberá os dados da placa e permitirá a visualização e envio desses.
- **Neurofeedback game**
  - O Jogo desenvolvido que consiste em uma adaptação do teste de Stroop<sup>1</sup>. Este receberá os comandos de concentração e os comandos de voz para gerar os feedbacks ao usuário durante o teste.

O Sistema de Aquisição de Dados EEG foi implementado na linguagem Java e funciona nos sistemas operacionais Mac, Windows e Linux, com os seguintes requisitos mínimos: Sistema Operacional baseado em 64 bits, placa gráfica semelhante a Intel HD Graphics 1000 ou superior. O jogo de neurofeedback foi implementado na linguagem Javascript e roda nos sistemas operacionais Mac, Windows e Linux.

---

<sup>1</sup> Desafio de atenção que mistura palavras coloridas com nomes de cores em extenso, originalmente criado por Stroop (1935)

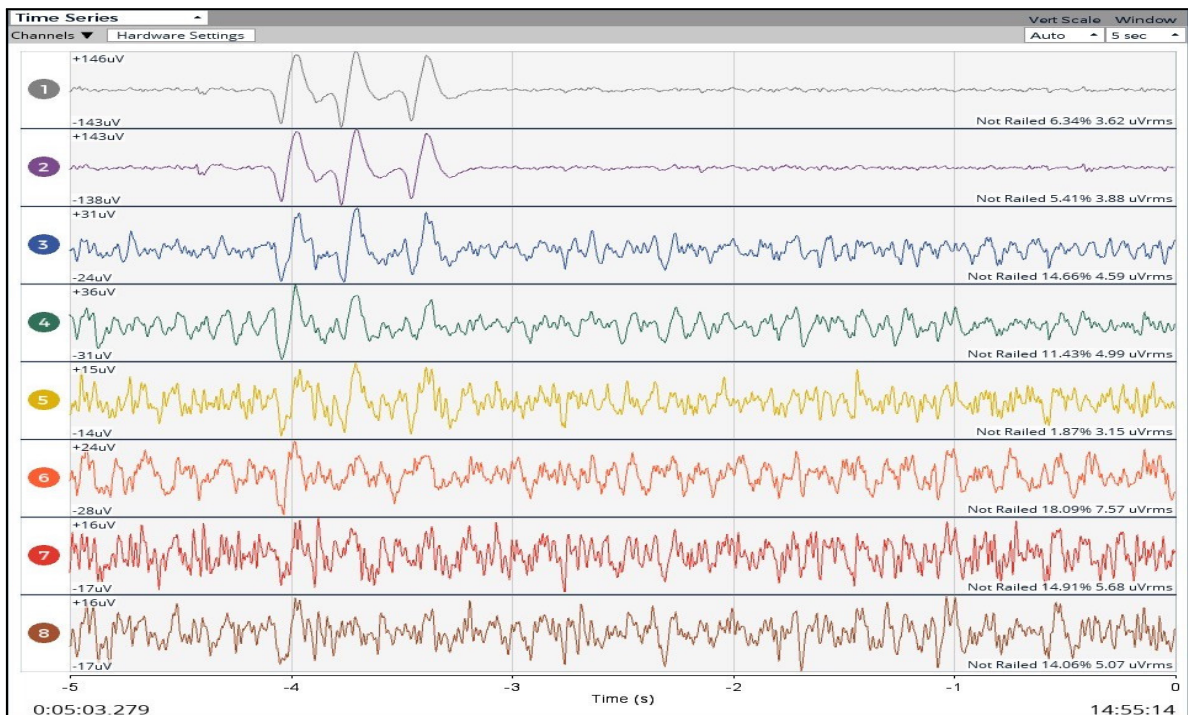
## 2.1 Desenvolvimento da solução

Para chegar ao objetivo buscado nos testes, foi utilizada a interface OPEN BCI<sup>2</sup> que é composta por vários módulos. Estes módulos permitem uma série de aplicações dos dados recebidos pelo aparelho de eletroencefalograma. Ao total utilizamos para esse projeto 4 módulos que serão descritos na sequência, bem como as alterações feitas no código-fonte durante a produção deste trabalho:

### 2.1.1 Time Series

Times Series (ver Figura 1) é o principal módulo para exibir dados de biossensores. Ele processa e exibe o sinal eletrofisiológico em tempo real, com cada gráfico representando a voltagem detectada em um ponto no tempo por um eletrodo.

Figura 1 – Módulo de TimeSeries com as ondas de 8 eletrodos.



Fonte: <https://docs.openbci.com/Software/OpenBCISoftware/GUIWidgets>

Ele mede a amplitude absoluta do sinal em tensão, em unidades de  $\mu\text{Vrms}$  (microvolts, raiz média quadrada). Na foto acima, podemos ver claramente três piscadas nos canais um e dois que foram captadas pelos eletrodos presentes na testa do usuário.

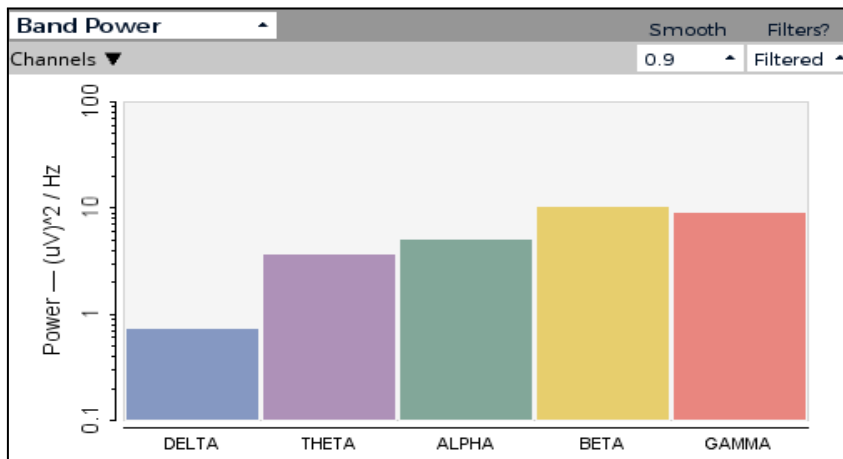
<sup>2</sup> <https://docs.openbci.com/Software/OpenBCISoftware/GUIWidgets/#time-series>



### 2.1.2 Band Power

O módulo de potência de banda (ver Figura 2) mostra as voltagens relativas das várias categorias de ondas cerebrais. Cada tipo de onda cerebral representa um subconjunto de frequências, que representam diferentes estados de atividade.

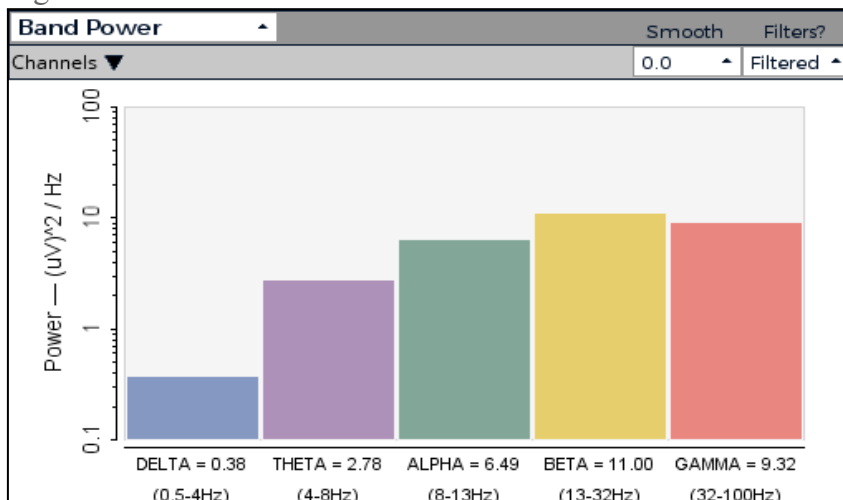
Figura 2 – Módulo de Potência de banda



Fonte: Interface OPEN BCI

Na Figura 3, é possível ver uma alteração visual no módulo que foi modificado para também mostrar os valores brutos de cada faixa de onda.

Figura 3 – Módulo de Potência de banda modificado



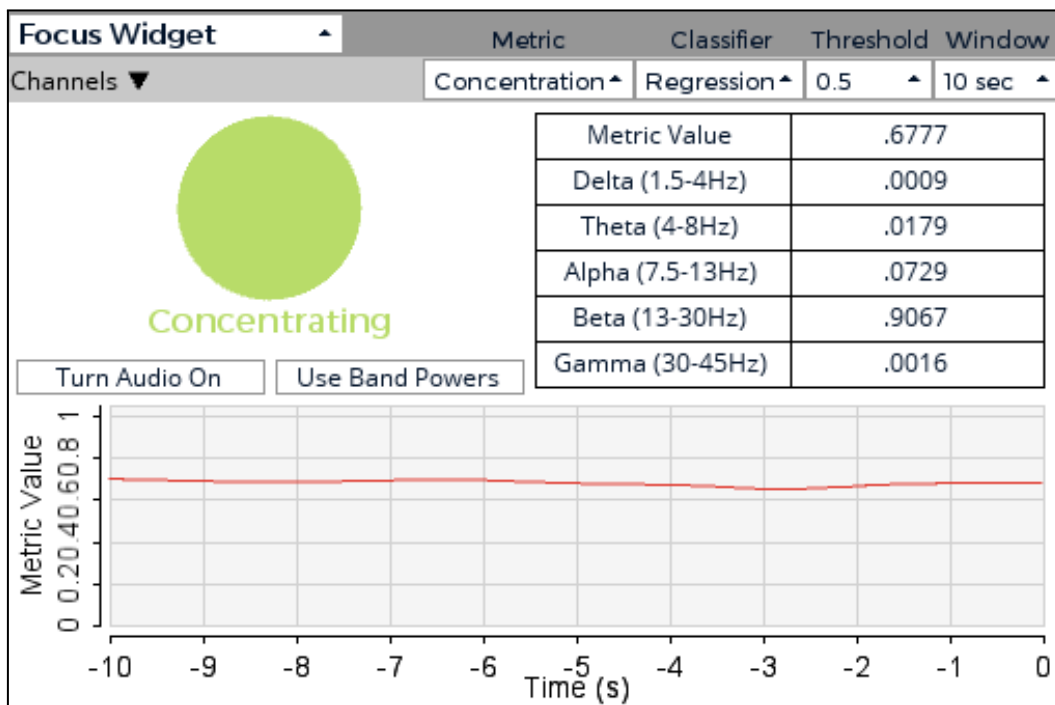
Fonte: Interface OPEN BCI

Também foi alterado o código para gravar em tempo real esses valores em um arquivo de texto que pode ser transferido para um programa de planilhas.

### 2.1.3 Focus Widget

O módulo de foco (ver Figura 4) usa o recurso BrainFlow Metric<sup>3</sup> para detectar relaxamento ou concentração. "Relaxamento" geralmente analisa os valores associados às ondas cerebrais Delta, Theta e Alpha, enquanto a "Concentração" analisa as ondas cerebrais Beta e Gamma. O relaxamento geralmente é obtido pela "meditação" com os olhos fechados, enquanto a concentração pode ser alcançada concentrando-se atentamente com os olhos abertos. Os modelos foram treinados usando as informações das faixas de onda. Não há fase de treinamento e são utilizados modelos predefinidos.

Figura 4 – Módulo de Foco



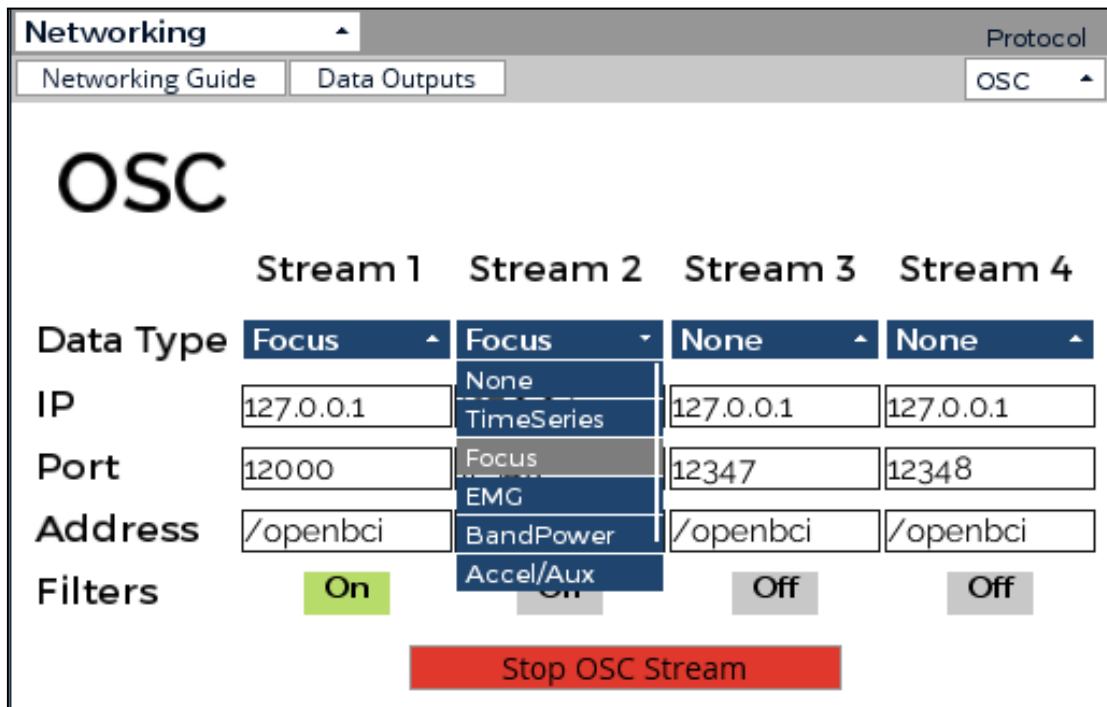
Fonte: <https://docs.openbci.com/Software/OpenBCISoftware/GUIWidgets>

<sup>3</sup> BrainFlow é uma biblioteca destinada a obter, analisar e analisar EEG, EMG, ECG e outros tipos de dados de biossensores.

### 2.1.4 Networking

O módulo de rede (ver Figura 5) permite o envio de dados para outros aplicativos. No nosso projeto usamos o protocolo OSC<sup>4</sup> que envia os valores para qualquer endereço presente na mesma rede, incluindo o próprio.

Figura 5 – Módulo de internet



Fonte: <https://docs.openbci.com/Software/OpenBCISoftware/GUIWidgets>

## 2.2 Jogo de Neurofeedback

A construção do jogo contou com a participação de profissionais de diferentes áreas: psicologia, medicina (neurologia) e computação. Considerando a composição multidisciplinar da equipe envolvida nesta pesquisa, e com o objetivo de se produzir uma aplicação mais próxima às necessidades dos usuários finais, optou-se pela utilização da metodologia Co-Design, em uma versão adaptada (Marçal, Andrade & Viana, 2017).

<sup>4</sup> OSC - OpenSoundControl é um protocolo para comunicação de mensagens em tempo real entre aplicativos e hardware.

A seguir, são descritos os passos:

**i. Escopo.** Nessa fase, uma visão geral dos objetivos da aplicação foi definida, destacando-se o funcionamento integrado da ICC e a usabilidade do jogo. Outra tarefa importante nessa fase foi garantir o envolvimento de todos os stakeholders relacionados ao domínio do problema.

**ii. Compreensão Compartilhada.** Nessa fase, os stakeholders: trocaram experiências adquiridas em projetos anteriores relacionados; levantaram os possíveis cenários de uso e atores; e, avaliaram os tipos de tecnologias que eram usadas em soluções similares e os métodos e técnicas que poderiam servir de base para implementação da aplicação.

**iii. Brainstorming.** Nessa fase, foi possível esboçar as primeiras interfaces da aplicação, considerando os atores, cenários, tecnologias e metodologias pedagógicas identificadas na etapa anterior.

**iv. Refinamento.** À medida que a aplicação ia ganhando uma aparência final e o levantamento dos requisitos era concluído, seguiu-se para modelagem dos diagramas do Projeto (e.g, Casos de Uso, Diagrama de Classes, Diagrama de Atividades).

**v. Implementação.** Após a definição dos modelos, partiu-se para o desenvolvimento iterativo da aplicação com entregas incrementais.

É importante destacar que as fases iii, iv e v aconteceram de forma cíclica, permitindo que se retornasse a fase anterior para a correção de erros identificados. Após a elaboração de uma versão sem erros aparentes, pôde-se avançar para a validação com usuários reais.

### 2.2.1 Conceito do jogo

Para a criação de um neurofeedback game é preciso ter algum desafio lúdico atrelado ao experimento. Chegou-se à conclusão de usar o teste de Stroop. Neste desafio de velocidade e concentração, a pessoa deve dizer rapidamente as cores das palavras apresentadas sem ler a palavra escrita. Estas palavras são, também, cores. A dificuldade está em evitar o impulso de dizer o que está escrito na palavra em vez de dizer sua cor. Segue um exemplo tradicional do desafio na Figura 6.

Figura 6 – Teste de Stroop



Fonte: <https://www.youtube.com/c/UniversodaPsicologiaTV>

A partir do conceito original, listamos os principais requisitos necessários para implementar o jogo com as adaptações idealizadas.

- O usuário precisa estar concentrado para que as cores apareçam na tela, caso contrário, ele perderá pontos e terá que retomar sua atenção para continuar;
- Terão 3 fases, cada uma com 10 palavras/cores;
- Cada fase seguinte será mais rápida que a anterior, adicionando níveis de dificuldade ao jogo;
- O jogo terá uma pontuação de estrelas. Zero estrelas é a pontuação mínima e três a máxima;
- Se o usuário falar o nome da cor certa, ele ganhará um ponto. Ele perderá pontos se errar a resposta ou se o sistema não detectar concentração;
- A pontuação deve ser dada de forma automática, levando em consideração tanto o estado concentrado/desconcentrado, quanto o reconhecimento das palavras ditas pelo usuário durante o experimento.

### 2.2.2 Ferramentas

O jogo de neurofeedback foi desenvolvido na IDE Visual Studio Code, na linguagem Javascript com grande ajuda da biblioteca P5.js. Através da biblioteca P5.js foi possível encontrar os meios de receber as informações e comandos da BCI, bem como a implementação do reconhecimento de voz.

Para atender ambos os requisitos, a biblioteca P5.js conta com outras duas bibliotecas compatíveis e criadas com essas respectivas intenções: OSC.js e ML5.js.

#### OSC.js

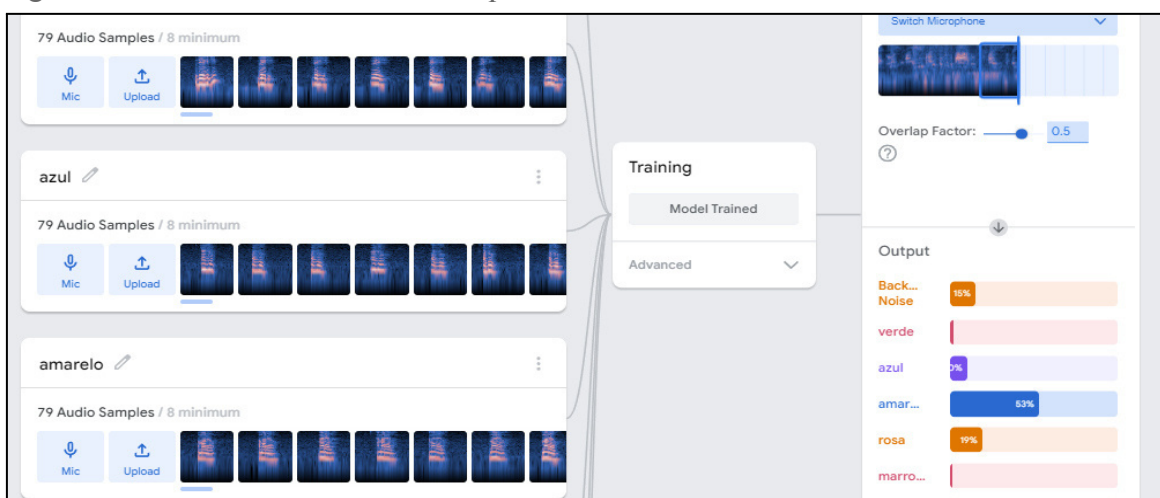
É esta a biblioteca que permite estabelecer uma conexão entre um servidor e um cliente usando o protocolo OSC como padrão para o envio de dados.

#### ML5.js

Esta biblioteca permite a implementação dos algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*) utilizando uma rede neural já desenvolvida pelo time da Teachable Machine<sup>5</sup>. Os passos necessários para a implementação no projeto são os de definir os possíveis resultados de classificação; adicionar os nossos inputs à máquina; e treinar o modelo. Depois de todas essas etapas podemos fazer o upload do modelo treinado na internet e usar em qualquer aplicação. A biblioteca ML5.js consegue ter o acesso a esse modelo a partir de um link e podemos criar nosso próprio comportamento da aplicação a partir disso.

Na Figura 7, é possível ver o modelo sendo carregado de amostras de áudio para o reconhecimento das cores durante o jogo.

Figura 7 – Tela de treinamento da máquina



Fonte: <https://teachablemachine.withgoogle.com/train/audio>

<sup>5</sup> <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

### 2.2.3 O Experimento

Para validar o funcionamento da solução completa (hardware e software), após o desenvolvimento do jogo de neurofeedback, foram realizados testes com dez crianças (5 com o diagnóstico confirmado de TDAH e outras 5 sem).

Os participantes do experimento deveriam atender aos seguintes critérios: (1) ter entre 8 e 14 anos de idade; (2) ser de livre e espontânea vontade a participação na pesquisa; (3) residir no estado do Ceará; e, (4) ter o TCLE e o TALE assinados por um responsável.

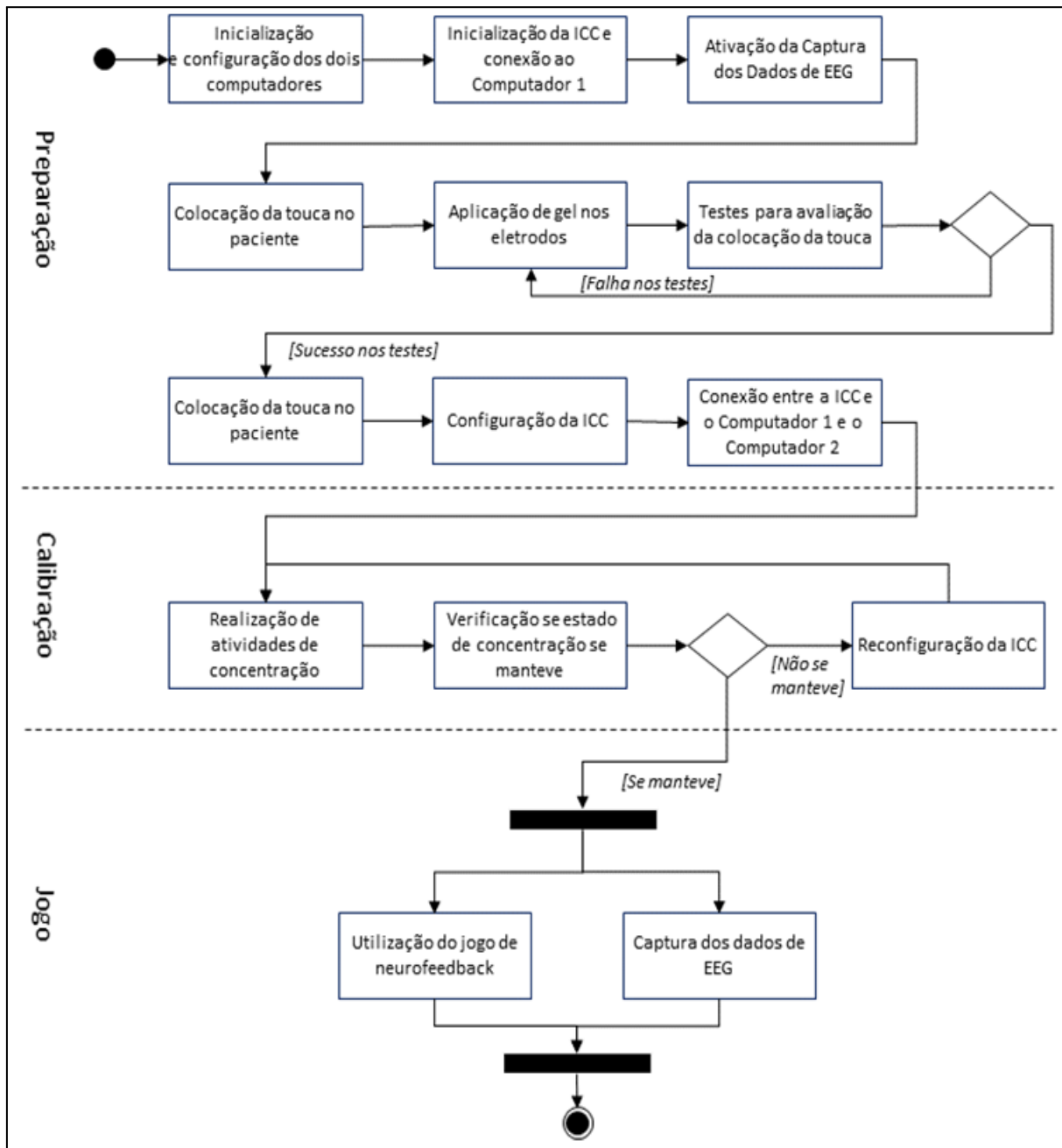
Além disso, o assentimento verbal e escrito das crianças também foi condição fundamental para a participação delas na pesquisa. Para isso, foi explicado o estudo para os participantes de maneira clara. Por não ter um enfoque principal na área da saúde e pelo fato de um dos participantes não apresentar nenhum quadro clínico aparente, optou-se por usar, neste estudo, o termo usuário ao invés de paciente, para se referir aos participantes do estudo.

O experimento passa pelas seguintes etapas:

- 1) Pré teste: uma avaliação neuropsicológica é realizada, com entrevista de anamnese e o Teste de Habilidades e Conhecimento Pré-Alfabetização (THCP) (SILVA, FLORES-MENDONZA, TELLES, 2013).
- 2) Preparação, que consiste na inicialização, configuração e testes dos equipamentos.
- 3) Calibração, que consiste na aplicação e adaptação da solução ao comportamento das ondas cerebrais do usuário, por meio da captação inicial dos sinais de EEG dele.
- 4) Jogo, a parte principal do teste que envolve a utilização dos módulos apresentados e as fases com o teste de Stroop.

A Figura 8 apresenta uma visão geral do procedimento completo.

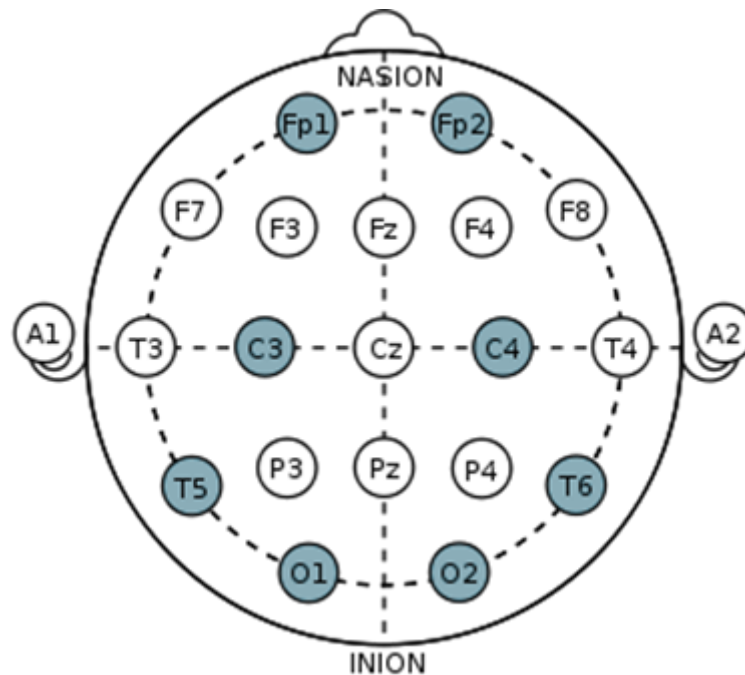
Figura 8 – Fluxograma do teste





A touca utilizada neste trabalho continha 16 sensores, mas apenas 8 foram efetivamente usados. A Figura 9 mostra uma representação do sistema internacional 10-20 de mapeamento das posições do cérebro, com os pontos coloridos representando os 8 eletrodos monitorados neste estudo.

Figura 9 – Posicionamento dos eletrodos da touca



A partir da Figura 8, pode-se perceber que existe um esforço de organização para deixar todo o ambiente preparado para a utilização do jogo. Então, o usuário utilizará o jogo de neurofeedback, por meio do uso dos comandos cerebrais e visando alcançar os objetivos estabelecidos pelo aplicativo. Concomitante a essa utilização, o sistema de aquisição captura os dados de EEG, armazena-os e gera os gráficos que demonstram o comportamento das ondas cerebrais do usuário. Com isso, é possível realizar uma análise no momento da utilização ou posteriormente, a partir do acesso aos dados armazenados.

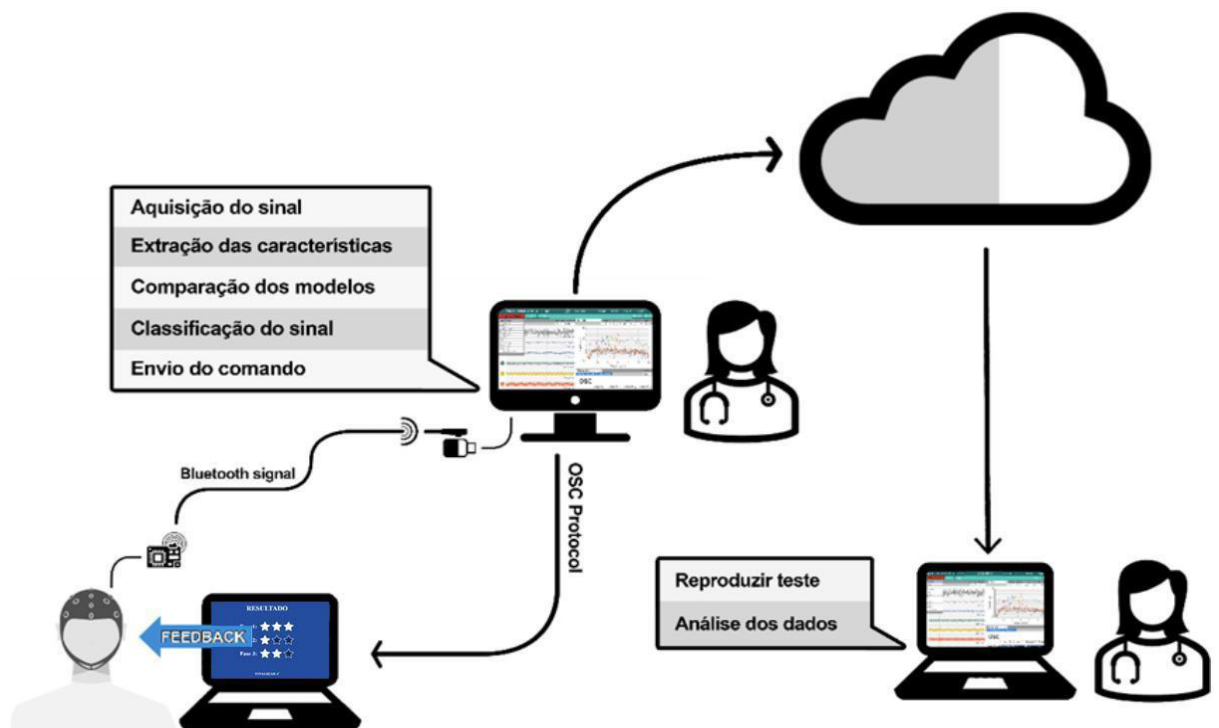
### 3 RESULTADOS

Como decorrência desse estudo foram gerados: uma solução integrada de software (Jogo de Neurofeedback + Uma versão adaptada do sistema de Aquisição de Dados EEG - OPEN BCI); e os dados de EEG coletados dos usuários participantes da pesquisa. A seguir estes resultados serão descritos.

#### 3.1 A solução integrada

A Figura 10 apresenta uma visão geral do processo de preparação para que um teste possa ser efetuado, utilizando da solução criada neste trabalho juntamente com as ferramentas já conhecidas anteriormente. Os comandos cerebrais disparados pelo usuário são capturados pela ICC e enviados, via Bluetooth, para o computador onde está sendo executado o Sistema de Aquisição. Este realiza o processamento dos dados EEG coletados (extração das características, comparação dos modelos e classificação do sinal) e devolve-os para o Jogo de Neurofeedback, que gerará uma resposta para o usuário. Em paralelo, o Sistema de Aquisição gera as informações (por exemplo, gráficos e tabelas) para os profissionais especialistas, que estão no mesmo espaço do usuário, onde ocorre a sessão, ou dispersos geograficamente, por meio do armazenamento na nuvem.

Figura 10 – Infográfico da solução integrada



O jogo implementado propôs-se a simular os exercícios do Teste de Stroop. Para isso, foram dispostas uma lista de cores pré definidas nas quais o usuário precisaria estar concentrado para ver. Os comandos são dados a partir do uso do aparelho de EEG e do microfone que, apoiado pelo algoritmo de reconhecimento de voz, executa o trabalho de entender a resposta dada. À medida que o usuário mantinha o foco e falava em voz alta o nome das cores, as fases terminariam e uma pontuação final de estrelas era apresentada.

Na sequência, pode-se ver os resultados das telas finais do jogo de neurofeedback e um exemplo de um teste realizado.

Figura 11 - Tela de calibração: Tela que mostra um círculo colorido que muda entre as cores Verde, Azul, Vermelho, Amarelo, Marrom e Rosa. Serve para apresentar, inicialmente, as cores presentes no jogo, ao mesmo tempo que mantém o usuário concentrado enquanto as devidas conexões são feitas na touca e no aparelho de EEG. Nessa fase é possível ver se o usuário está conseguindo manter a concentração e se as informações estão sendo enviadas de maneira certa entre o sistema de coleta de dados e o jogo.

Figura 12 - Tela de desconcentrado: Aparece nos momentos quando o usuário não está atingindo o estado de concentração definido no sistema de coleta.

Figura 13 - Tela de exemplo de cores: Todas as cores presentes no jogo são mostradas em uma só tela. O usuário, além de ter conhecimento total das cores presentes no jogo, deve dizer em voz alta o nome das cores para a calibração do sistema de reconhecimento de voz.

Figura 14 - Tela do teste: O usuário deve dizer o nome da cor que a palavra está colorida o mais rápido possível. São 3 fases, a primeira começa com um tempo de 4 segundos e a última tem um tempo de 2 segundos. A tela de desconcentrado da Figura 12 é empregada nessa etapa do jogo.

Figura 15 - Pontuação: Tela final da aplicação na qual uma pontuação respectiva a cada fase é automaticamente dada pelo sistema.

Figura 16 - Criança testando o jogo: Exemplo prático de um teste real.

Figura 11 – Tela de calibração

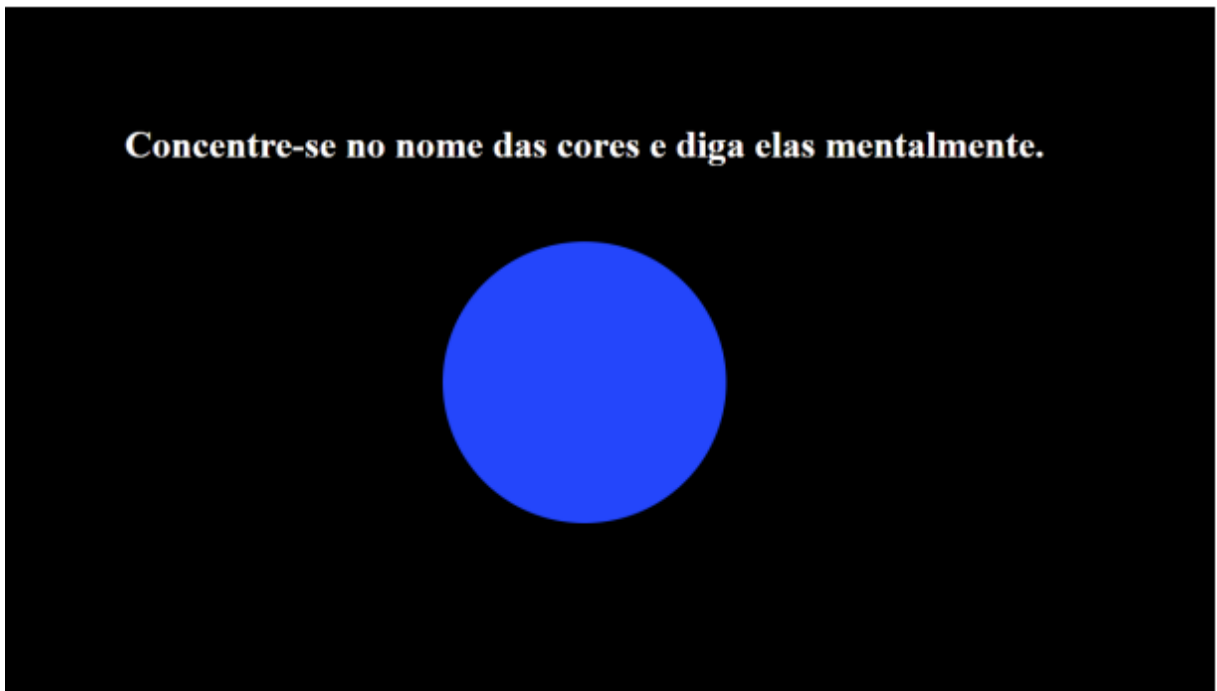


Figura 12 – Tela de desconcentrado



Figura 13 – Tela de exemplo de cores

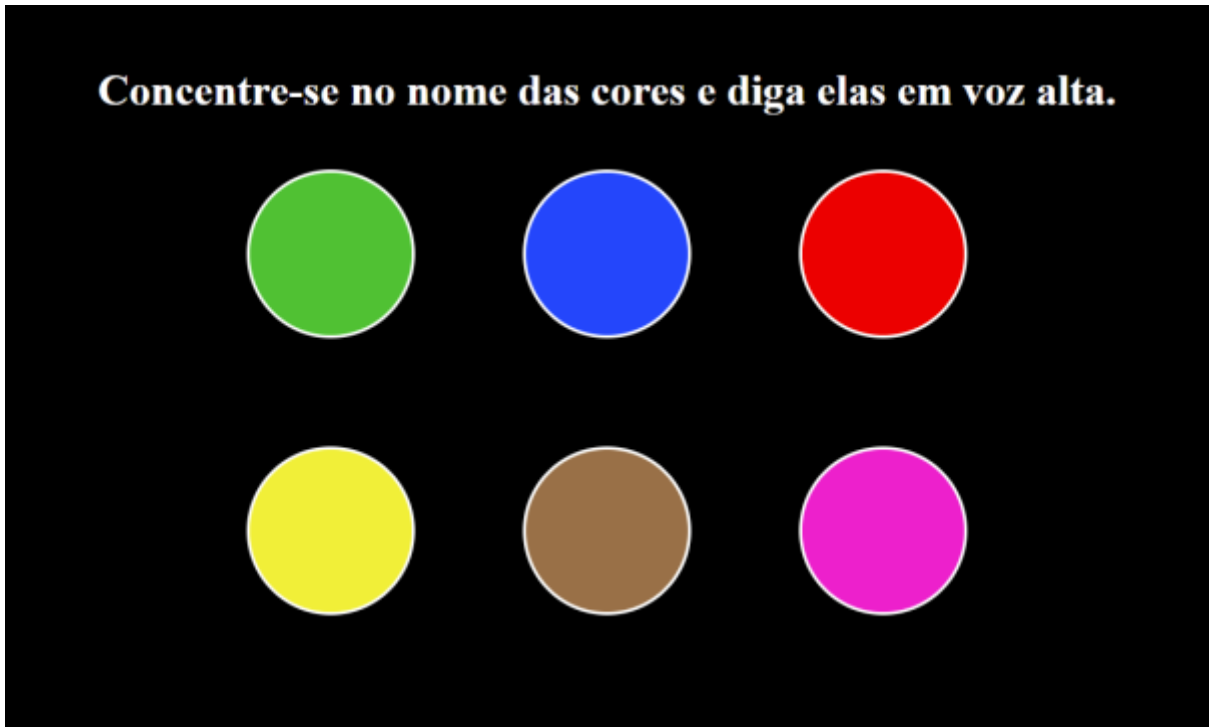


Figura 14 – Tela do teste

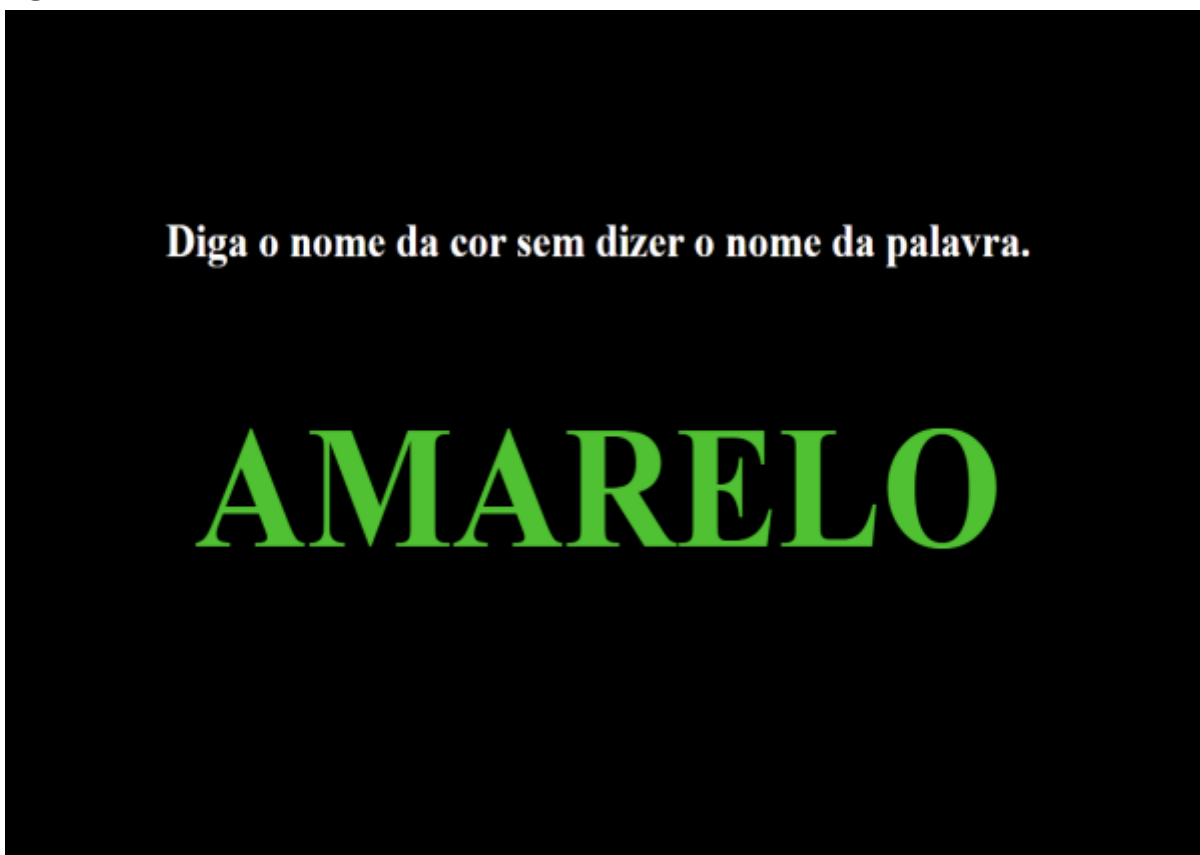


Figura 15 - Pontuação



Figura 16 - Criança testando o jogo



O Sistema de Aquisição de Dados EEG que também foi necessário para alcançar a solução, é uma versão adaptada do software OpenBCI GUI. Para manter a integridade do sistema original, apenas algumas alterações mínimas de layout foram implementadas, além de um meio para salvar as variações apresentadas no módulo de Band Power.

### 3.2 Dados coletados

Esta seção descreve os gráficos obtidos por meio da ICC, além de abordar os resultados obtidos para a solução do reconhecimento de voz. É importante destacar que esta seção não tem foco em analisar os dados do EEG recolhidos, mas, sim, demonstrar como podem ser visualizados tais informações, desta forma, dois usuários foram escolhidos de forma aleatória para representar os casos de aplicação da solução, referindo-se aos com TDAH e os sem esse transtorno.

#### 3.2.1 Sinais EEG

As representações seguintes serão baseadas nos diferentes tipos de ondas cerebrais: Delta ( $\delta$ ) (0,5 a 3 Hz); Teta ( $\theta$ ) (3 a 8 Hz); Alfa ( $\alpha$ ) (8 a 12 Hz); Beta ( $\beta$ ) (12 a 27 Hz); e, Gama ( $\gamma$ ) (acima de 27 Hz). A Tabela 1 apresenta os percentuais (mínimos, máximos e médios) de prevalência das ondas cerebrais durante o jogo da criança sem TDAH e da criança com, respectivamente.

Na criança sem TDAH, os dados coletados indicam que as ondas que tiveram as maiores médias foram beta (24%), theta (23%) e alpha (17%). Já o comportamento das ondas cerebrais da criança com TDAH mostrou-se diferente. Durante o jogo, as maiores médias de atividade cerebral registradas foram teta(29%), alfa (18%) e beta(16%).

Tabela 1 - Tabela comparativa dos testes

SEM TDAH					COM TDAH				
Valores Médios					Valores Médios				
DELTA	TETA	ALFA	BETA	GAMA	DELTA	TETA	ALFA	BETA	GAMA
9%	23%	17%	24%	12%	14%	29%	18%	16%	3%

Os gráficos 1 e 2 mostram a variação proporcional das ocorrências das ondas cerebrais ao longo do tempo, enquanto jogavam, na criança sem TDAH e na criança com, respectivamente.

Gráfico 1 - Ondas durante o teste da criança sem TDAH

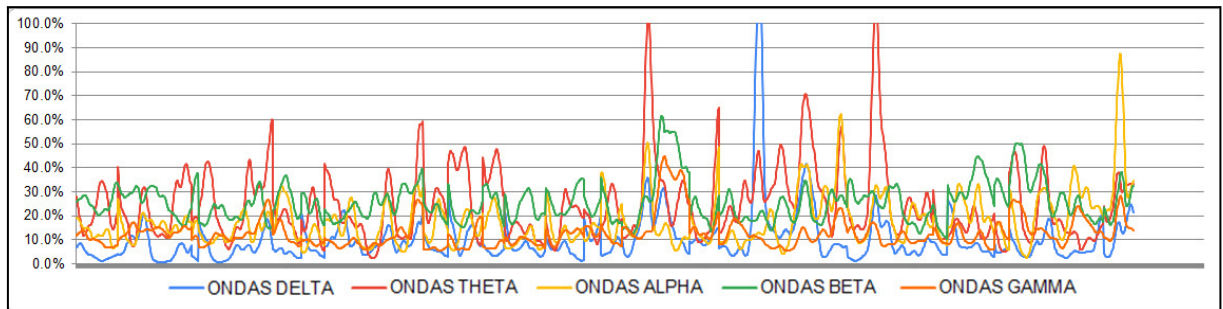
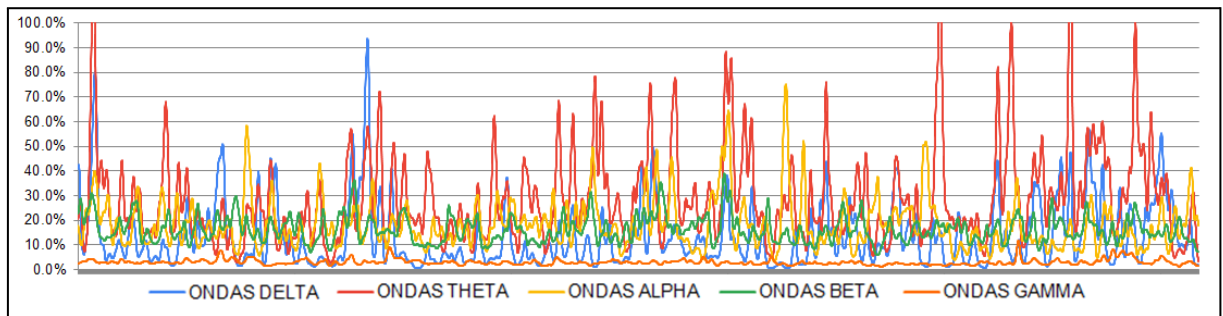


Gráfico 2 - Ondas durante o teste da criança com TDAH



Os gráficos 3 e 4 mostram uma visão resumida que demonstra a média em porcentagem do comportamento de cada onda EEG durante o processo em que as crianças estavam jogando.

Gráfico 3 - Médias da criança sem TDAH

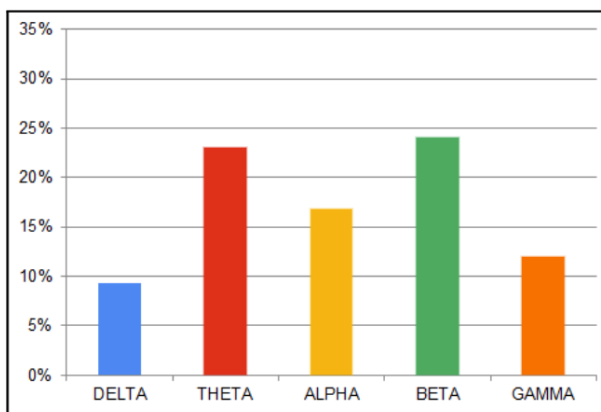
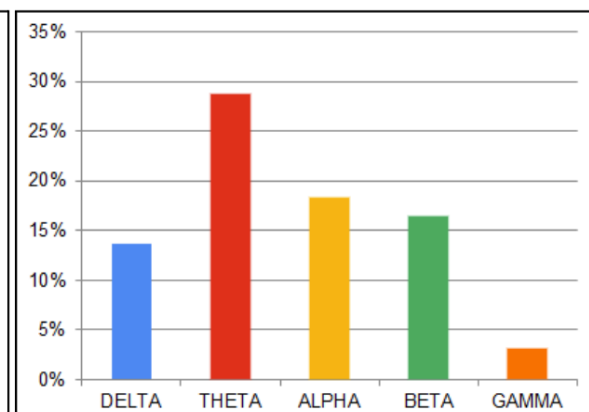


Gráfico 4 - Médias da criança com TDAH





### 3.2.2 Reconhecimento de voz

Outra importante parte do estudo foi a solução encontrada para os comandos de voz que deveriam ser reconhecidos automaticamente. A implementação dos algoritmos obtidos através da biblioteca ML5 foram utilizados no desenvolvimento do jogo. Durante o período dos testes, amostras de voz foram adicionadas com os nomes das cores em diferentes tonalidades e ambientes. A solução para o reconhecimento de voz foi considerada satisfatória quando o nível de precisão era maior que 80%. A Tabela 2 detalha as atualizações que ocorreram a cada teste, incluindo o número de amostras, o tipo, em qual acústica o modelo foi testado, a precisão e as diferentes alternativas encontradas para solucionar os problemas.

Tabela 2 - Reconhecimento de voz durante os testes

Acústica	Treinado no local?	Quantidade de amostras	Precisão	Solução alternativa
Barulhento	Não	100	50%	Nenhuma
Barulhento	Não	100	50%	Nenhuma
Reverb + Ruído	Não	320	20%	Adição de amostras
Reverb + Ruído	Sim	460	40%	Adição de amostras
Reverb + Ruído	Sim	460	80%	Diminuir a sensibilidade do microfone para focar na fala.
Reverb + Ruído	Sim (Misto)	460	50%	Diminuir a sensibilidade do microfone para focar na fala. Desligado o ar-condicionado.
Reverb intenso + Ruído	Não	460	40%	Nenhuma (Sensibilidade de volta aos 100% por conta do reverb ter "apagado" a voz)
Reverb + Ruído	Sim	460	40%	Diminuir a sensibilidade [...] & //Desligado o ar-condicionado Braço articulado
Reverb	Sim	320	70%	Desligado o ar-condicionado
Reverb reduzido + ruído	Não	710	60%	Adição de amostras Pêlo antirruído no microfone
Sem reverb Sem ruído	Sim	1074	90%	Adição de amostras Pêlo antirruído no microfone

Ruído: É quando, no dia do teste, houve ruído de qualquer natureza na sala.

Reverb: Quando o som ecoava muito dentro da sala por conta das paredes lisas.

Treinado no local: Quando as amostras de som são gravadas dentro do local do teste.

## 4 DISCUSSÃO

O desenvolvimento de estudos que implementem soluções utilizando interfaces cérebro-computador para auxílio à detecção de TDAH não é uma tarefa trivial. Do ponto de vista técnico, dentre os principais obstáculos e desafios pode-se citar: escolha dos algoritmos apropriados para aquisição e processamento dos sinais (CHAKLADAR; CHAKRABORTY, 2019); definição do método de aprendizagem de máquina para seleção e classificação das características (LV, Zhihan, 2020); adoção de técnicas para filtragem e remoção dos ruídos na aquisição e transmissão dos sinais (JANANI, A.; SASIKALA, 2017). Além disso, outras pesquisas apontam a existência de outras dificuldades relacionadas a aspectos éticos (BURWELL, SAMPLE, RACINE, 2017) e neuropsicológicos (MUDGAL, 2020).

A solução apresentada neste estudo envolveu a implementação e a customização de softwares integrados à uma interface cérebro-computador, que foi testada com dez crianças, com o objetivo de auxiliar os profissionais da área na detecção de TDAH. O surgimento de uma maior variedade de ICCs em todo o mundo tem levado um número crescente de pesquisadores a estudarem suas aplicações em diversas áreas, em particular, no auxílio a diagnósticos. Em (ALCHALABI, et al., 2018), os autores apresentam um estudo utilizando jogos sérios e ICCs no qual afirmam ter alcançado até 98% de acurácia na detecção do TDAH. Em outro estudo, os pesquisadores utilizaram uma interface cérebro-computador para apoiar o diagnóstico e a classificação de diferentes tipos de demência em um grupo de idosos, alcançando uma taxa de até 80% na classificação (FUKUSHIMA et al., 2021).

Na solução desenvolvida neste artigo, as crianças participantes da pesquisa deveriam se concentrar para utilizarem o jogo, enquanto suas ondas EEG eram adquiridas, armazenadas e processadas. Em seguida, os dados eram utilizados como base para a geração de gráficos e tabelas, que permitiam a análise dos especialistas, em tempo real ou a posterior. Os dados coletados entre as crianças com e sem TDAH apresentam diferenças que, com uma análise aprofundada, podem indicar influências do transtorno nos resultados.

Foi possível observar que, na criança sem TDAH, as faixas de onda Beta e Gamma tiveram maior prevalência comparadas à criança com TDAH. Isso faz sentido já que as ondas do tipo Beta estão associadas, assim como as Gama, às funções executivas, tais como: atenção concentrada, foco, processamento de informações e resolução de problemas (LELIS, ATAHUALPA, 2013). As ondas Beta são mais lentas que as ondas do tipo Gama e estão mais

presentes em situações de julgamentos, tomada de decisões e raciocínio (DALGALARRONDO, 2000). As ondas Gama são associadas a um estado de alta excitação cerebral onde os níveis atencionais são altos, a fim de manter atividades que exigem organização perceptual, atenção, memória e consciência (UHLHAAS, et al. 2008) (PORTUGAL, VALERIA. 2017).

Também apresentou menores níveis de ondas Delta e Teta em comparação com a criança com TDAH, o que é esperado porque as ondas Delta estão ativadas em momentos de meditação ou sono profundo, e as ondas Teta estão envolvidas em processo de sono leve (Koudelková, Strmiska 2018). Para que o jogo funcionasse, era necessário que a criança estivesse concentrada a todo momento.

Sujeitos com TDAH costumam apresentar problemas como falta de atenção, hiperatividade e dificuldade de autocontrole. Torna-se necessário um cuidado especializado, desde a infância, com acompanhamento multidisciplinar e implicação dos cuidadores e da rede de apoio do sujeito, a fim de alcançar melhores desfechos clínicos. Isso acontece devido ao processo de desenvolvimento neural atípico que acontece na infância, sendo caracterizado por um processo de mielinização também mais lento em comparação com crianças de desenvolvimento típico. Nesse sentido, a manifestação de ondas cerebrais mais lentas é esperada em indivíduos com TDAH (CORTESE, S. CASTELLANOS F. 2013). Este fato foi percebido neste estudo, com atividades do tipo Theta e Delta mais prevalentes na criança com TDAH.

Os resultados descritos na seção anterior também demonstram uma significativa diferença nas atividades cerebrais do tipo Gama e Beta, onde a criança com o transtorno alcança menores médias do que a sem o transtorno. Desse modo, funções executivas que exigem maiores níveis atencionais podem ser prejudicadas, uma vez que, de acordo com Valéria Portugal (2017), a frequência Gama demonstra ser maior ao produzir soluções corretas. Além disso, as ondas Beta, também frequentemente associadas aos processos de manutenção da atenção e do foco, parecem ajudar no processamento de informações (LELIS, ATAHUALPA, 2013; DALGALARRONDO, 2000).

Nesse sentido, pode-se inferir que, para manter os níveis atencionais necessários para a realização do teste, a criança com TDAH precisou realizar um maior esforço mental para manter os níveis atencionais necessários para a realização do jogo, a fim de compensar os

menores níveis de atividade Gama e Beta. O aumento da atividade de ondas do tipo Alfa em crianças com TDAH se apresenta em maiores amplitudes em sujeitos com o transtorno do subtipo desatento, característica associada a processos cognitivos mais lentos que o de crianças sem TDAH (Loo, S. Barkley, 2005).

Por fim, é importante destacar que este trabalho não se propôs a realizar inferências a toda a população-alvo. O foco do estudo manteve-se em demonstrar a execução de um processo completo, da concepção da ideia à validação com usuários reais e, assim, propor uma alternativa tecnológica voltada ao auxílio da detecção por meio do uso de ICCs. As constatações apresentadas têm um objetivo único de comparar os dados dos sujeitos da pesquisa, a fim de demonstrar o funcionamento da solução desenvolvida.

## **5 CONCLUSÃO**

Este artigo descreveu um processo completo de construção de uma solução para auxílio à detecção de TDAH por meio de Interface Cérebro-Computador, desde o projeto da ferramenta até a sua validação com dez crianças (cinco com TDAH e cinco sem o transtorno). Os resultados do estudo são promissores. Por um lado, no aspecto da usabilidade da ferramenta, os testes demonstraram que as crianças conseguiram utilizar o jogo por inteiro, realizando todos os testes contidos nele e permitindo o monitoramento cerebral. Por outro lado, os dados obtidos a partir da aquisição e análise das ondas EEG indicam que a solução gerou informações condizentes, conforme referências científicas, com o esperado pela influência do TDAH. Como trabalho futuro, a médio prazo, pretende-se realizar novos testes com uma amostra maior, para dar continuidades às investigações sobre as possibilidades e o alcance da solução como alternativa ao auxílio à detecção de TDAH.

## REFERÊNCIAS

- ABIRI, Reza et al. A comprehensive review of EEG-based brain–computer interface paradigms. *Journal of neural engineering*, v. 16, n. 1, p. 011001, 2019.
- ALCHALABI, Alaa Eddin et al. FOCUS: Detecting ADHD patients by an EEG-based serious game. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, v. 67, n. 7, p. 1512-1520, 2018.
- BARBARINI, T.A. Corpos, “mentes”, emoções: uma análise sobre tdah e socialização infantil. *Psicologia & Sociedade*, v.32, p. 173058, 2020. DOI: <https://www.scielo.br/j/psoc/a/zL8pbhyjQYRW35yzxpLw8dN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 de mai.2021.
- BURWELL, Sasha; SAMPLE, Matthew; RACINE, Eric. Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review. *BMC medical ethics*, v. 18, n. 1, p. 1-11, 2017.
- CASTRO, C.X.L.; LIMA, R. F. Consequências do transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) na idade adulta. *Revista Psicopedagogia*, v. 35, n. 106, p. 61- 72, 2018. DOI: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84862018000100008&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862018000100008&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 04 de mai. 2021.
- CHAKLADAR, Debashis Das; CHAKRABORTY, Sanjay. Feature extraction and classification in brain-computer interfacing: Future research issues and challenges. In: *Natural Computing for Unsupervised Learning*. Springer, Cham, 2019. p. 101-131.
- Cortese S, Castellanos FX. TDAH e neurociência. Bisanz J, ed. tema. In: Tremblay RE, Boivin M, Peters RDeV, eds. *Enciclopédia sobre o Desenvolvimento na Primeira Infância* [on-line]. Montreal, Quebec: Centre of Excellence for Early Childhood Development e Strategic Knowledge Cluster on Early Child Development; 2013:1-8. Disponível em: <http://www.encyclopedia-crianca.com/documents/CorteseCastellanosPRTxp1.pdf>.
- Dalgarrondo, P *Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais*. Porto Alegre, 2000.
- Da Mata, 2016, *Anxiety reducing through a neurofeedback serious game with dynamic difficulty adjustment*
- DAVID, R.; GROS, A.; DEUTSCH, L.; KÖNIG, A.; GUERIN, O.; ROBERT, P.; BENSAMOUN, D. Place des nouvelles technologies en neuropsychiatrie. *NPG Neurologie – Psychiatrie – Gériatrie*, v. 16, p. 353-357, 2016.
- FUKUSHIMA, Akihiro et al. Classification of dementia type using the brain-computer interface. *Artificial Life and Robotics*, v. 26, n. 2, p. 216-221, 2021.
- Graeff, R. L., & Vaz, C. E. (2008). Avaliação e diagnóstico do transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). *Psicologia USP*, 19(3), 341-361. <https://doi.org/10.1590/S0103-65642008000300005>
- GUAN, C.; LIM,C.G.; FUNG, D.; ZHOU,H.J.; KRISHNAN,R.; LEE, T.S. BCI facilitates the improvement of cognitive functions in children and elderly. *International*

Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI), Gangwon, Coreia (Sul), p.1-2, 2020. DOI: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9061625>.

- JANANI, A.; SASIKALA, M. Investigation of different approaches for noise reduction in functional near-infrared spectroscopy signals for brain-computer interface applications. *Neural Computing and Applications*, v. 28, n. 10, p. 2889-2903, 2017.

- KOUDELKOVÁ, Zuzana. STRMISKA, Martin. Introduction to the identification of brain waves based on their frequency. MATEC Web Conf. 05 outubro 2018. Disponível em: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/69/mateconf\\_csc2018\\_05012/mateconf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/69/mateconf_csc2018_05012/mateconf)

- Loo SK, Barkley RA. Clinical utility of EEG in attention deficit hyperactivity disorder. *Appl Neuropsychol*. 2005.

- Loo, S. K., & Barkley, R. A. (2005). Clinical Utility of EEG in Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Applied Neuropsychology*, 12(2), 64–76. doi:10.1207/s15324826an1202\_2

- LV, Zhihan et al. Advanced machine-learning methods for brain-computer interfacing. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, v. 18, n. 5, p. 1688-1698, 2020.

- MANSO, L. O eletroencefalograma na patologia de hiperatividade/ déficit de atenção. *Faculdade de Ciências da Saúde* p. 1–51, 2012. [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/atahualpa\\_bastos\\_lelis\\_0.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/atahualpa_bastos_lelis_0.pdf)

- MARÇAL, Edgar; DE CASTRO ANDRADE, Rossana Maria; VIANA, Windson. Development and Evaluation of a Model-Driven System to Support Mobile Learning in Field Trips. *J. Univers. Comput. Sci.*, v. 23, n. 12, p. 1147-1171, 2017.

- Matt. **OpenSoundControl.org**. What is OSC?. [S.l.]. OpenSoundControl.org, 2013. Disponível em: <https://ccrma.stanford.edu/groups/osc/index.html>. Acesso em: 6 jul. 2022.

- Mercado, J., Espinosa Curiel, I., Escobedo, L., and Tentori, M. (2018). Developing and evaluating a bci video game for neurofeedback training: the case of autism. *Multimedia Tools and Applications*, 78.

- MISSAWA, Daniela Dadalto Ambrozine; ROSSETTI, Claudia Broetto. Psicólogos e TDAH: possíveis caminhos para diagnóstico e tratamento. *Constr. psicopedag.*, São Paulo , v. 22, n. 23, p. 81-90, 2014 . Disponível em <[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-69542014000100007&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-69542014000100007&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 09 jul. 2022.

- MUDGAL, Shiv Kumar et al. Brain computer interface advancement in neurosciences: Applications and issues. *Interdisciplinary Neurosurgery*, v. 20, p. 100694, 2020.

- Park, K. E., Kihl, T., Park, S., Kim, M.-J., and Chang, J. (2018). Fairy tale directed game-based training system for children with adhd using bci and motion sensing technologies. *Behaviour Information Technology*, 38:1–14.
  
- PORTUGAL, Valéria. *Olhando para dentro: insight, consciência e transcendência*. Rio de Janeiro: Gryphus, 2017.
  
- SILVA, Renata Saldanha; FLORES-MENDONZA, Carmen; TELLES, M. *Teste de Habilidades e Conhecimentos Pré-Alfabetização (THCP)*. São Paulo: Vetor, 2013.
  
- STROOP, J Ridley. **Studies of Interference in Serial Verbal Reactions**. 1935. George Peabody College, Tennessee. Disponível em: <http://psychclassics.yorku.ca/Stroop/?c=012>. Acesso em: 5 jul. 2022.
  
- TERUEL, Miguel A. et al. An innovative tool to create neurofeedback games for ADHD treatment. In: *International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation*. Springer, Cham, 2017. p. 183-192.
  
- Uhlhaas, P. J., C. Haenschel, et al. (2008). The Role of Oscillations and Synchrony in Cortical Networks and Their Putative Relevance for the Pathophysiology of Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin* 34(5): 927-943.
  
- *Uso de interfaces cérebro-computador em crianças com TDAH: Uma revisão sistemática*, Costa, 2021
  
- VASILJEVIC, Gabriel Alves Mendes; DE MIRANDA, Leonardo Cunha. Brain–computer interface games based on consumer-grade EEG Devices: A systematic literature review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, v. 36, n. 2, p. 105-142, 2020.
  
- *WHAT IS NEUROFEEDBACK: AN UPDATE*, D. Corydon Hammond, 2011
  
- ZYDA, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*,38(9), 25-32.

## **APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

O menor sob sua responsabilidade está sendo convidado pelo pesquisador: Keviny Magalhães Queiroz como participante da pesquisa intitulada: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO SÉRIO PARA APOIAR A DETECÇÃO DE TDAH. Você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.

Nesse estudo temos como objetivo geral: Testar e avaliar o uso de uma Interface Cérebro-Computador aliada a um jogo digital nas competências do auxílio a detecção de TDAH. Quanto aos objetivos específicos: Descrever o processo de um teste utilizando a nossa ferramenta; Analisar os resultados encontrados na relação com o uso da ICC e verificar a existência de eventos adversos quanto ao uso da ICC durante as aplicações em crianças com TDAH.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é que o TDAH é um transtorno que afeta os aspectos cognitivos principalmente de crianças e adolescentes. Os pacientes com esse transtorno podem apresentar alterações comportamentais nos aspectos familiares, sociais e escolares. Os tratamentos convencionais envolvem o uso de medicamentos e a participação do indivíduo em terapias comportamentais. Estudos têm demonstrado que esses tratamentos a longo prazo podem ter a sua eficiência reduzida, uma vez que os medicamentos prescritos acarretam uma série de efeitos colaterais que impactam negativamente no seu uso contínuo e as terapias necessitam de maior frequência para que sejam alcançados resultados positivos e duradouros. Esses aspectos são considerados como barreiras às soluções terapêuticas disponibilizadas aos pacientes com TDAH. Atualmente, como alternativa aos tratamentos tradicionais tem-se utilizado a terapia neurofeedback que se destaca pelo seu caráter inovador e não invasivo. Essa terapia baseia-se no uso de ICCs para melhoria dos aspectos cognitivos. As ferramentas utilizadas nessa terapia possibilitam o treinamento da atenção dos pacientes e permitem também a avaliação e mensuração da atividade cerebral. No âmbito educacional, a melhoria da cognição dos pacientes com TDAH corrobora com a melhoria da aprendizagem, sendo esse aspecto bastante positivo, uma vez que, a maioria das pessoas com TDAH possuem dificuldades no aprendizado acarretando em baixo rendimento escolar. Ainda são poucas as pesquisas que avaliam o uso da ICC no tratamento de crianças e/ou adolescentes com TDAH, principalmente a nível nacional, justificando o desenvolvimento de estudos nessa temática.

Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): Para participação na pesquisa deverá ser assinado pelas crianças, quando possível, e/ou adolescentes o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), bem como, deverá ser assinado pelos pais ou responsáveis o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), ambos os termos explicados pela pesquisadora.



Após assinatura dos termos, será realizada uma entrevista semiestruturada com os responsáveis para obtenção do histórico clínico do participante desde o nascimento até a sua idade atual. Posteriormente, será aplicado um teste neuropsicológico para avaliar o nível cognitivo da criança. Em seguida, a ICC será validada. No processo de validação as crianças serão submetidas ao jogo baseado no Teste de Stroop que consiste na realização de duas tarefas sendo uma leitura e a outra a nomeação de cores, ambas as tarefas serão realizadas ao mesmo tempo. O jogo contará com duas fases (inicial e avançada) e os participantes só poderão avançar de fase após obter o nível de atenção adequado para o acerto das atividades propostas. Antes de iniciar o jogo os participantes receberão instruções sobre as atividades e será verificado o funcionamento das ondas cerebrais por meio de EEG. Cada participante será submetido a uma sessão com duração de 1h e 30 minutos. Ressalta-se que os testes neuropsicológicos serão realizados com ajuda de um psicólogo.

Para participar deste estudo, você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento livre e esclarecido. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. A qualquer momento você poderá recusar a participação do menor sob sua responsabilidade. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo que poderá sentir desconforto na cabeça e/ou dor de cabeça. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos e, após esse tempo, serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Endereço d(os, as) responsável(is) pela pesquisa:

**Nome: Keviny Magalhães Queiroz**

**Instituição: Universidade Federal do Ceará**

**Endereço: Rua Elizeu Campelo, 298 – Banguê 2 – Pacajus**

**Telefones para contato:(85) 987506202**

**Nome: Edgar Marçal de Barros Filho**

**Instituição: Universidade Federal do Ceara**

**Endereço: Av. Humberto Monte, s/n, UFC Campus do Pici, Bloco 1430 - Bloco**

**Acadêmico do Instituto UFC Virtual**

**Telefones para contato: (85) 3182- 3216**

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_anos, RG: \_\_\_\_\_, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome do participante da pesquisa: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome do pesquisador: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

### **TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)**

Você está sendo convidado(a) como participante da pesquisa: **DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO SÉRIO PARA APOIAR A DETECÇÃO DE TDAH.**

Nesse estudo temos como objetivo geral: Testar e avaliar o uso de uma Interface Cérebro-Computador aliada a um jogo digital nas competências do auxílio a detecção de TDAH. Quanto aos objetivos específicos: Descrever o processo de um teste utilizando a nossa ferramenta; Analisar os resultados encontrados na relação com o uso da ICC e verificar a existência de eventos adversos quanto ao uso da ICC durante as aplicações em crianças com TDAH.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é que o TDAH é um transtorno que afeta os aspectos cognitivos principalmente de crianças e adolescentes. Os pacientes com esse transtorno podem apresentar alterações comportamentais nos aspectos familiares, sociais e escolares. Os tratamentos convencionais envolvem o uso de medicamentos e a participação do indivíduo em terapias comportamentais. Estudos têm demonstrado que esses tratamentos a longo prazo podem ter a sua eficiência reduzida, uma vez que os medicamentos prescritos acarretam uma série de efeitos colaterais que impactam negativamente no seu uso contínuo e as terapias necessitam de maior frequência para que sejam alcançados resultados positivos e duradouros. Esses aspectos são considerados como barreiras às soluções terapêuticas disponibilizadas aos pacientes com TDAH. Atualmente, como alternativa aos tratamentos tradicionais tem-se utilizado a terapia neurofeedback que se destaca pelo seu caráter inovador e não invasivo. Essa terapia baseia-se no uso de ICCs para melhoria dos aspectos cognitivos. As ferramentas utilizadas nessa terapia possibilitam o treinamento da atenção dos pacientes e permitem também a avaliação e mensuração da atividade cerebral. No âmbito educacional, a melhoria da cognição dos pacientes com TDAH corrobora com a melhoria da aprendizagem, sendo esse aspecto bastante positivo, uma vez que, a maioria das pessoas com TDAH possuem dificuldades no aprendizado acarretando em baixo rendimento escolar.

Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): Para participação na pesquisa deverá ser assinado pelas crianças, quando possível, e/ou adolescentes o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), bem como, deverá ser assinado pelos pais ou responsáveis o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), ambos os termos explicados pela pesquisadora. Após assinatura dos termos, será aplicado um teste neuropsicológico para avaliar o nível cognitivo da criança. Em seguida, a ICC será validada. No processo de validação as crianças serão submetidas ao jogo baseado no Teste de Stroop

que consiste na realização de duas tarefas sendo uma leitura e a outra a nomeação de cores, ambas as tarefas serão realizadas ao mesmo tempo. O jogo contará com duas fases (inicial e avançada) e os participantes só poderão avançar de fase após obter o nível de atenção adequado para o acerto das atividades propostas. Antes de iniciar o jogo os participantes receberão instruções sobre as atividades e será verificado o funcionamento das ondas cerebrais por meio de EEG. Cada participante será submetido a uma sessão com duração de 1h e 30 minutos. Cada participante será submetido a uma sessão com duração de 1h e 30 minutos. Ressalta-se que os testes neuropsicológicos serão realizados com ajuda de um psicólogo.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo que poderá sentir desconforto na cabeça e/ou dor de cabeça. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos e, após esse tempo, serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Eu, \_\_\_\_\_, portador(a) do documento de Identidade ou CPF \_\_\_\_\_ fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar, se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma via deste Termo de Assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Fortaleza, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

---

Assinatura do(a) menor

---

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Endereço d(os, as) responsável(is) pela pesquisa:

**Nome: Keviny Magalhães Queiroz**

**Instituição: Universidade Federal do Ceará**

**Endereço: Rua Elizeu Campelo, 298 – Banguê 2 – Pacajus**

**Telefones para contato:(85) 987506202**

**Nome: Edgar Marçal de Barros Filho**

**Instituição: Universidade Federal do Ceara**

**Endereço: Av. Humberto Monte, s/n, UFC Campus do Pici, Bloco 1430 - Bloco Acadêmico do Instituto UFC Virtual**

**Telefones para contato: (85) 3182- 3216**

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.