



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA EDUCACIONAL

PAULO CESAR VIANA AZEVEDO

**JOGOS COGNITIVOS CONTROLADOS POR INTERFACE CÉREBRO-
COMPUTADOR: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA
ATENÇÃO E APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL
ANOS INICIAIS**

FORTALEZA
2025

PAULO CESAR VIANA AZEVEDO

JOGOS COGNITIVOS CONTROLADOS POR INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR:
DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA ATENÇÃO E
APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL ANOS INICIAIS

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
Educacional, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Edgar Marçal de Barros Filho

FORTALEZA
2025

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)

- A988j Azevedo, Paulo Cesar Viana.
 Jogos cognitivos controlados por interface cérebro-computador : desenvolvimento e avaliação dos impactos na atenção e aprendizagem de estudantes do ensino fundamental anos iniciais / Paulo Cesar Viana Azevedo. – 2025.
 76 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional, Fortaleza, 2025.
 Orientação: Prof. Dr. Edgar Marçal de Barros Filho.
1. Jogos cognitivos. 2. Interface Cérebro-Computador. 3. Atenção. 4. Aprendizagem. 5. Ensino fundamental. I. Título.

CDD 371.33

PAULO CESAR VIANA AZEVEDO

JOGOS COGNITIVOS CONTROLADOS POR INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR:
DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA ATENÇÃO E
APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL ANOS INICIAIS

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia
Educacional, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Mestre.

Aprovada em: 31/03/2025

BANCA EXAMINADORA

Orientador

Prof. Dr. Edgar Marçal De Barros Filho (UFC)

1º Membro Avaliador

Prof. Daniel Brandão Menezes (UFC)

2º Membro Avaliador

Prof. Dra. Sinara Socorro Duarte Rocha (IFCE)

.

Dedico este trabalho a Deus, por ser direção, e luz no meu caminho em todos os momentos da minha vida, pois sem ele nada disso seria possível.

As minhas filhas, Ana Luíza e Ana Lívia, razão diária do meu esforço e inspiração para seguir em frente.

A minha família por ser minha fortaleza.

À minha avó Antônia de Moura (in memoriam), por ter sido a pessoa que mais acreditou e torceu por mim.

Ao meu orientador Edgar Marçal pelo apoio incondicional e dedicação ao longo de todo o meu processo de escrita dessa dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, porque sem Ele eu não teria chegado nessa etapa final do trabalho. Agradeço também à minha família pelo incentivo permanente à minha formação acadêmica e ao meu crescimento pessoal e profissional.

Registro meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Edgar Marçal pela disponibilidade ao longo de todo o processo de pesquisa, tornando-se fundamental para o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho.

Agradeço também aos professores do programa cuja atuação rigorosa e inspiradora contribuiu significativamente para minha formação acadêmica.

Por fim, estendo meus agradecimentos a todos os amigos que, de forma direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso da minha caminhada.

RESUMO

A dificuldade dos alunos em manterem a atenção durante o processo de aprendizagem é considerada um dos fatores que podem gerar um aprendizado insatisfatório e, muitas vezes causar impactos que refletem em diversos aspectos de sua vida cotidiana. O presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos de dois jogos cognitivos controlados via Interface Cérebro-Computador, desenvolvidos para auxiliar na melhoria da atenção e da aprendizagem de estudantes do ensino fundamental Anos Iniciais. O referido estudo caracteriza-se como uma pesquisa de campo, descritiva e abordagem mista (quali-quantitativa), conduzida ao longo de seis meses em uma escola particular da cidade de Fortaleza-CE no Estado do Ceará. A amostra foi composta por seis alunos, com idades entre 8 e 10 anos, e para serem incluídos na amostra, os alunos tiveram que assinar o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, além da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos seus responsáveis. Antes das sessões de treinamento o pesquisador principal teve uma conversa com os professores dos alunos para obter informações detalhadas sobre suas dificuldades escolares, níveis de atenção, e qualquer diagnóstico pré-existente de condições como Transtorno de Déficit de Atenção, Autismo ou qualquer outro transtorno ou síndrome. Também foi explicado em reunião aos responsáveis os procedimentos do treinamento, incluindo seus objetivos, natureza das atividades envolvidas, além das expectativas em relação à participação dos alunos. O referido estudo foi desenvolvido por meio de um treinamento com duração de 6 meses com jogos controlados por Interface Cérebro-Computador. O treinamento consistiu em duas sessões semanais, com duração média de 20 minutos. Ao final, foram computadas 40 sessões e um total de 800 minutos, equivalente a 13h e 20 minutos de jogos. Enquanto alguns alunos jogaram mais, enquanto outros jogaram menos que esse tempo. A pesquisa atendeu a todos os critérios do Comitê de Ética em pesquisa com seres humanos e foi aprovada sob o parecer de nº 6.993.494. Para analisar os dados quantitativos, foi utilizado um modelo estatístico misto com intercepto aleatório. Os resultados revelaram um aumento geral na atenção média dos alunos, com variações individuais significativas. Os participantes foram divididos em três grupos: (1) melhora estatisticamente significativa ($p < 0,05$) (Participantes 1 e 6); (2) tendência positiva, mas sem significância estatística ($p > 0,05$) (Participantes 2 e 4); e (3) sem variações significativas ($p > 0,05$) (Participantes 3 e 5). A modelagem com modelos mistos confirmou a confiabilidade dos dados desse estudo, destacando que os fatores individuais como motivação e ritmo de aprendizado, podem influenciar diretamente os resultados. A intervenção mostrou-se eficaz para aprimorar a atenção, especialmente em alunos com certo controle atencional, mas sugere-se a junção com

outras estratégias ou períodos mais longos de treinamento para casos nos quais não obteve uma melhora significativa. Conclui-se que os treinamentos com jogos cognitivos podem promover melhorias na atenção, aprendizagem e desenvolvimento socioemocional de alunos, especialmente com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade e Transtorno do Espectro Autista, além de avanços em disciplinas como matemática e ciências. Embora a tecnologia apresente potencial como ferramenta pedagógica, seu acesso ainda é limitado e restrito a contextos específicos. Dessa forma, recomenda-se a realização de estudos com jogos controlados via interface cérebro-computador em diferentes contextos educacionais e faixas etárias, com o objetivo de ampliar a inclusão e a personalização do ensino, buscando superar as barreiras de acessibilidade atuais.

Palavras-chave: jogos cognitivos; interface cérebro-computador; atenção; aprendizagem; ensino fundamental.

ABSTRACT

The difficulty students face in maintaining attention during the learning process is considered one of the factors that can lead to unsatisfactory learning and often cause impacts that reflect in various aspects of their daily lives. This study aimed to evaluate the impacts of two cognitive games controlled via Brain-Computer Interface, developed to assist in improving attention and learning among early elementary school students. The study is characterized as field research, descriptive in nature, with a mixed-methods approach (qualitative and quantitative), conducted over six months at a private school in the city of Fortaleza-CE, in the state of Ceará. The sample consisted of six students, aged between 8 and 10 years, and to be included in the sample, the students were required to sign the Free and Informed Assent Form, in addition to the Free and Informed Consent Form signed by their guardians. Before the training sessions, the lead researcher held a conversation with the students' teachers to obtain detailed information about their academic difficulties, attention levels, and any pre-existing diagnosis of conditions such as Attention Deficit Disorder, Autism, or any other disorder or syndrome. The procedures of the training were also explained to the guardians in a meeting, including its objectives, the nature of the activities involved, and the expectations regarding student participation. The study was developed through a six-month training program using games controlled by a Brain-Computer Interface. The training consisted of two weekly sessions, each lasting an average of 20 minutes. At the end, 40 sessions were completed, totaling 800 minutes, equivalent to 13 hours and 20 minutes of gameplay. While some students played more, others played less than this total time. The research met all the criteria of the Ethics Committee for research involving human subjects and was approved under opinion no. 6.993.494. To analyze the quantitative data, a mixed-effects statistical model with a random intercept was used. The results revealed a general increase in the students' average attention levels, with significant individual variations. The participants were divided into three groups: (1) statistically significant improvement ($p < 0.05$) (Participants 1 and 6); (2) positive trend, but without statistical significance ($p > 0.05$) (Participants 2 and 4); and (3) no significant variations ($p > 0.05$) (Participants 3 and 5). The mixed modeling confirmed the reliability of the study's data, highlighting that individual factors such as motivation and learning pace can directly influence the results. The intervention proved effective in enhancing attention, especially among students with some degree of attentional control, but it is suggested that it be combined with other strategies or longer training periods in cases where no significant improvement was observed. It is concluded that training with cognitive games can promote improvements in attention, learning, and socioemotional

development among students, especially those with Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Autism Spectrum Disorder, as well as advancements in subjects such as mathematics and science. Although the technology presents potential as a pedagogical tool, its access is still limited and restricted to specific contexts. Therefore, it is recommended that further studies using games controlled via Brain-Computer Interface be conducted in different educational contexts and age groups, aiming to expand inclusion and personalized learning while seeking to overcome current accessibility barriers.

Keywords: cognitive games; brain-computer interface; attention; learning; elementary education.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Associação Psiquiátrica Americana
ADR	Avaliação Diagnóstica da Rede
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EEG	Eletroencefalograma
GBL	Game Based Learning
ICC	Interface Cérebro-Computador
NFD	Neurofeedback
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDAH	Transtorno e Déficit de Atenção e Hiperatividade
TEA	Transtorno do Espectro Autista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa.....	15
1.2	Objetivos.....	17
1.2.1	<i>Objetivo geral.....</i>	17
1.2.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	Neurofeedback: fundamentos e princípios.....	18
2.2	Aplicações do neurofeedback no contexto educacional.....	19
2.2.1	<i>Neurofeedback para ajudar crianças com dislexia.....</i>	19
2.2.2	<i>Neurofeedback para ajudar crianças com discalculia.....</i>	20
2.2.3	<i>Neurofeedback para ajudar crianças com sintomas de TDAH.....</i>	22
2.2.3.1	<i>Neurofeedback para ajudar crianças com sintomas de TDAH.....</i>	24
2.3	Atenção e concentração: elementos fundamentais para a aprendizagem.....	27
2.3.1	<i>Uso de jogos de treinamento da atenção e concentração para aprendizagem.....</i>	31
3	METODOLOGIA.....	34
3.1	Tipo de pesquisa.....	34
3.2	Sujeitos.....	34
3.3	Lócus da pesquisa.....	35
3.3.1	<i>Instrumentos e técnicas de coleta de dados.....</i>	35
3.3.2	<i>Desenho da pesquisa.....</i>	36
4	RESULTADOS.....	38
4.1	O produto.....	38
4.1.1	<i>Análise comportamental.....</i>	38
4.1.2	<i>Composição da amostra.....</i>	38
4.1.2.1	<i>Desempenho acadêmico.....</i>	39
4.1.2.2	<i>Alunos neurotípicos.....</i>	40
4.1.2.3	<i>Alunos com TEA.....</i>	42
4.2	Alunos com TDAH.....	44
4.2.1	<i>Feedback dos pais.....</i>	45
4.2.2	<i>Feedback dos professores.....</i>	47

4.3	Análise das ondas cerebrais.....	48
4.3.1	<i>Resultados principais.....</i>	49
4.3.1.2	<i>Alunos com tendência estatisticamente significativa de melhora na atenção.....</i>	49
4.3.1.3	<i>Alunos com tendência positiva, mas não estatisticamente significativa.....</i>	49
4.3.2	<i>Alunos sem variações estatisticamente significativas na atenção.....</i>	49
4.3.3	<i>Modelagem estatística.....</i>	50
5	DICUSSÃO.....	52
5.1	Correlação entre os fatores comportamentais e a análise das ondas cerebrais.....	54
6	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	63
	APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	67
	APÊNDICE C – MODELO DE QUESTIONÁRIO COM OS PROFESSORES.....	70
	APÊNDICE D – FORMATO DE QUESTIONÁRIO COM OS PAIS.....	74

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem é um processo que ocorre durante toda a vida do indivíduo. Quando sua assimilação é prejudicada, não só o seu desempenho acadêmico é comprometido, dificultando a aplicação de conhecimentos nas diversas situações do dia a dia, mas também o seu desenvolvimento pessoal. Para que ocorra a sua aquisição são necessários diversos fatores (Tabile; Jacometo, 2017). Entre eles podemos destacar a atenção (Guzzo, 1987), que foi objeto de estudo deste trabalho.

Em seus estudos, Ferreira (2004, p. 61), afirma que a aprendizagem, abrange o amplo espectro do ato ou efeito de aprender, envolvendo o processo de adquirir conhecimento, retê-lo na memória e assimilar informações por meio de estudo, observação e experiência, entre outras abordagens. Por meio dessa definição é possível perceber que esse processo não se trata de um evento isolado, mas de um conjunto que vai moldando o potencial do indivíduo por meio do ato de aprender.

Na concepção de Cavalcante *et al.* (2020), a aprendizagem é tratada como um processo contínuo, dinâmico e individualizado, que acontece a partir da interação do indivíduo com o meio ou consigo mesmo. Este processo ocorre quando o indivíduo corresponde a um estímulo recebido, construindo conhecimento a partir de suas experiências e interações com o mundo (Zanella, 2003). Assim é perceptível que a aprendizagem não é vista como um processo estático, mas sim como um elemento capaz de moldar e transformar o modo como a educação é abordada. Sob esse ponto de vista, estudos têm mostrado que alguns fatores podem influenciar diretamente na aprendizagem dos alunos, tais como os aspectos cognitivos, emocionais, orgânicos, psicossociais e culturais (Tabile; Jacometo, 2017).

Estudos anteriores mostraram que existem fatores que contribuem para a dificuldade da aprendizagem, dentre eles podemos destacar a falta de motivação: quando o aluno não está motivado, é mais difícil para ele se concentrar e se dedicar aos estudos (Jesus, 2011); falta de concentração: é considerada dos principais fatores que prejudica aprendizagem (Jerry; Katherine, 2016); falta de atenção: estudantes com esse problema apresentam dificuldade para selecionar os estímulos relevantes além de serem mais propensos desviar a atenção por estímulos irrelevantes (Guzzo, 1987).

Além desses fatores, também existem outros tais como métodos de ensino inadequados: é necessário que os professores adequem sua metodologia ao nível de desenvolvimento dos alunos e que estimulem o raciocínio lógico. (Mahoney, 2000) e fatores emocionais: ansiedade, medo e baixa autoestima, também estão relacionados a dificuldade da aprendizagem (Baylor *et*

al., 2004; Tobias, 1978; Toohey, 2002; Turner *et al.*, 2002). Outros problemas incluem a dislexia, discalculia ou o transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) (Barbosa, 2008), bem como os fatores socioeconômicos, como falta de acesso a materiais e recursos educacionais (Santos *et al.*, 2016).

Na última década do século XX, pudemos perceber a evolução da tecnologia e o seu destaque no nosso cotidiano, fazendo com que a geração atual crescesse imersa em um ambiente digital, com acesso a dispositivos eletrônicos e plataformas digitais. O efeito dessas tecnologias em nosso meio vem transformando a forma como nos comunicamos, estudamos e trabalhamos. No campo educacional, novas oportunidades estão sendo trazidas com a expansão tecnológica o que vem tornando o processo de aprendizagem mais acessível e dinâmico, oportunizando mais igualdade de acesso e permanência na escola e assim amenizando essas dificuldades e facilitando o processo de inclusão (Long, 2007).

Muitas ferramentas estão sendo desenvolvidas para transformar os métodos de educação tais como: aplicativos e softwares, além das estruturas físicas como salas de aulas e laboratórios. Hoje a maioria das escolas já contam com essas tecnologias como computadores e laboratórios equipados para que professores possam aprimorar suas aulas. O uso dessas ferramentas no campo educacional, foi de grande relevância, pois permitiu a personalização da aprendizagem. Com o passar dos tempos esses meios educacionais foram se consolidando como essencial para a educação, mudando a forma como o conhecimento é transmitido e acessado (Long, 2007).

A partir disso foram abertas novas oportunidades para o desenvolvimento de metodologias para melhorar o processo de aprendizagem, culminando para criação de novas plataformas de aprendizagens, como jogos educacionais, ampliando o alcance e a eficácia do ensino. Como exemplo desses avanços podemos citar os estudos com uso do neurofeedback (Jamison; Lee; Connolly, 2020), originalmente desenvolvido para uso médico, tem ganhado destaque em estudos educacionais devido ao seu grande potencial para aprimorar as capacidades cognitivas e comportamentais dos alunos, promovendo um ensino mais eficaz e personalizado (Monastra *et al.*, 2005).

O treinamento com neurofeedback possibilita que um usuário regule sua atividade cerebral, recebendo sinalização de feedback, em tempo real, com a qual pode aprender a reconhecer e a modificar padrões específicos. Estudos que avaliam esse método apresentam resultados benéficos em relação ao Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) (Monastra *et al.*, 2005) e acerca do desempenho cognitivo de estudantes (Sitaram *et al.*, 2017). Este método apresenta um alto potencial na medicina e na educação, revelando informações sobre melhora do aprendizado e atenção. Ademais, a estimulação do cérebro através do

neurofeedback tinha um efeito positivo sobre a memória, a resolução de problemas e o controle emocional (Hammond, 2021). Geladé *et al.* (2018) também mencionou em seu estudo a existência de efeitos positivos do neurofeedback, em crianças que apresentavam TDAH a longo prazo.

Partindo desse princípio, propomos uma investigação e o desenvolvimento de uma aplicação educacional inovadora, integrando tecnologias de neurofeedback, com o objetivo de aprimorar a atenção dos alunos e verificar sua relação com a aprendizagem. Diante do contexto apresentado, surgiu a necessidade de direcionar a pesquisa para a formulação da questão principal que foi investigada ao longo do trabalho.

Nessa pesquisa em questão, abordamos a Interface Cérebro-Computador (ICC), um sistema que estabelece um canal de comunicação direto entre o cérebro humano e dispositivos externos, como computadores ou próteses. Esse sistema utiliza sinais neurais para controlar e interagir com sistemas tecnológicos, apresentando um grande potencial terapêutico, especialmente para pacientes com deficiências motoras. Sua aplicação inclui o controle de próteses robóticas e a reabilitação de funções neurológicas, abrindo novas perspectivas para o tratamento de condições clínicas como paralisia e lesões medulares (Lebedev; Nicolelis, 2006).

Uma das questões centrais desta pesquisa foi: o uso de jogos cognitivos controlados via Interface Cérebro-Computador pode melhorar a atenção e contribuir para o aprimoramento da aprendizagem de estudantes do ensino fundamental anos iniciais? Para responder a essa indagação, o presente estudo teve como objetivo principal avaliar os impactos de dois jogos cognitivos controlados via Interface Cérebro-Computador, desenvolvidos para auxiliar na melhoria da atenção e da aprendizagem de estudantes do ensino fundamental anos iniciais. Além disso, teve como objetivos específicos: criar um produto educacional com dois jogos cognitivos controlados via Interface Cérebro-Computador, desenvolvidos para estimular a atenção e a concentração dos usuários, validar o funcionamento dos jogos desenvolvidos por meio de sessões periódicas com estudantes, observando sua contribuição para o aprimoramento da atenção, bem como analisar os efeitos da utilização dos jogos nos participantes, considerando o impacto nas habilidades cognitivas e no desempenho escolar.

1.1 Justificativa

A justificativa para a realização desta pesquisa fundamenta-se em uma combinação de interesses pessoais e na significativa relevância social do tema abordado. Desde a juventude, o pesquisador manifestou um profundo interesse pela educação, o que o levou a desenvolver sua trajetória acadêmica com foco no ensino, especialmente para alunos do Ensino Fundamental – Anos Finais. Essa vivência como educador possibilitou uma percepção aguda das dificuldades enfrentadas por muitos estudantes, particularmente em relação ao processo de aprendizagem. Ao notar as limitações dos métodos de ensino tradicionais, o pesquisador começou a investigar abordagens inovadoras e encontrou na tecnologia de neurofeedback uma ferramenta potencial para aprimorar o foco e a atenção, habilidades cruciais para um aprendizado eficiente.

A vontade do pesquisador de incorporar a tecnologia ao ambiente escolar, juntamente com seu desejo de aplicar o neurofeedback em alunos que enfrentam dificuldades de concentração, motivou a investigação sobre o impacto dessa abordagem no processo de ensino-aprendizagem. Esta pesquisa é especialmente relevante do ponto de vista social, pois aborda um desafio comum e real que estudantes em todo o mundo encontram: a dificuldade de manter a atenção durante as aulas. Tal dificuldade não apenas compromete o aprendizado, mas também afeta o desenvolvimento acadêmico dos alunos, impactando a qualidade geral da educação.

A proposta de integrar o neurofeedback e a Interface Cérebro-Computador (ICC) como instrumentos inovadores no âmbito educacional abre novas possibilidades para melhorar o desempenho dos alunos. Através do uso de jogos controlados por ICC, a pesquisa pretende apresentar uma proposta que ajude os estudantes a aumentar sua capacidade de concentração, adotando uma abordagem mais personalizada e eficaz para a aprendizagem. A implementação dessas tecnologias no contexto educacional não apenas visa elevar o desempenho acadêmico, mas também promove a inclusão e a equidade no ensino, oferecendo aos alunos com dificuldades cognitivas um caminho de superação e aprendizado.

Pesquisas prévias reforçam a relevância da atenção sustentada no processo de aprendizagem, como se pode verificar em Reynolds (1992), Hidi (1995), Wilson e Korn (2007), Risko, Buchanan, Medimorec e Kingstone (2013), que relacionam a manutenção da atenção a um aumento expressivo na assimilação do conhecimento. Adicionalmente, as investigações de Chen e Wu (2015) e Sethuraman e Smith (2013) corroboraram a importância da atenção para o desempenho acadêmico, apontando que a falta de foco pode significar a perda de informações estratégicas, comprometendo o desempenho geral do aluno. A inclusão do neurofeedback como ferramenta potencial para melhorar esses conceitos cognitivos, surge, assim, como uma

alternativa relevante para a superação das dificuldades de concentração, que são fundamentais no cenário educacional contemporâneo.

Outros autores que também confirmam essa relação positiva são (Dixon; Bortolussi, 2013; Smallwood *et al.*, 2008) onde afirmam que a atenção ativa durante a execução de tarefas de aprendizagem contribui significativamente para uma melhor retenção do conteúdo posteriormente. Esse engajamento ativo na aprendizagem não só beneficia os resultados acadêmicos imediatos, mas também contribui para uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos estudados.

A dificuldade de concentração emerge como uma barreira significativa para a eficácia da aprendizagem, revelando-se por meio de sinais como descuido frequente e a incapacidade de manter a atenção por períodos prolongados. Essa dificuldade impacta negativamente os resultados de aprendizagem e a conclusão de tarefas, resultando em desempenho abaixo da média repercutindo diretamente no nível de engajamento e comprometimento dos alunos com as atividades educacionais (Associação Americana de Psiquiatria, 2013; JM; Smallwood; Schooler, 2006).

Partindo desse contexto, vários pesquisadores estão investindo no potencial das tecnologias de detecção do estado de atenção dos alunos durante o processo de aprendizagem, onde ocorre a análise do seu status de aprendizagem e o fornecimento de feedback instantâneo ou questionário adequado (Chu; Hwang; Tsai, 2010; Huang, 2014). Nesses estudos, dois tipos de medidas são comumente utilizados para medir o grau de atenção dos alunos. A primeira é uma escala de atenção e respondida pelos alunos (Das, 1986); a segunda usa um dispositivo de sinal fisiológico para medir o sinal de atenção (Chen; Huang, 2014; Chen; Wu, 2015; Ilgaz; Altun; Aşkar, 2014; Rebolledo-Mendez *et al.*, 2009). Nos últimos anos, o avanço das tecnologias de detecção e processamento de sinais fisiológicos humanos forneceu ainda mais oportunidades para atingir esse objetivo (Rebolledo-Mendez *et al.*, 2009). Os sensores de ondas cerebrais são uma dessas tecnologias de detecção de sinais fisiológicos humanos que são chamadas de Interface Cérebro-Computador (ICC) (Chen; Huang, 2014).

Ao fazer uso de estratégias educacionais inovadoras tais como o uso de tecnologias de detecção de sinais fisiológicos, podemos oferecer um suporte mais adequado e melhorar a forma de como lidar com os desafios relacionados à atenção e a concentração, criando oportunidades para maximizar o engajamento e o sucesso na melhoria da aprendizagem dos estudantes. Ao proporcionar uma análise em tempo real do estado de atenção dos alunos, esses sensores podem identificar padrões e oferecer feedback instantâneo, personalizando o ensino de acordo com as necessidades individuais de cada estudante.

1.2 Objetivos

Nesta seção, estão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa, delineando de forma clara e precisa o que foi buscado no desenvolvimento do estudo, os quais irão guiar as ações e investigações realizadas pelo mestrando.

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar os impactos de dois jogos cognitivos controlados via Interface Cérebro-Computador, desenvolvidos para auxiliar na melhoria da atenção e da aprendizagem de estudantes do ensino fundamental Anos Iniciais.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Criar um produto educacional com dois jogos cognitivos controlados via Interface Cérebro-Computador, desenvolvidos para estimular a atenção e a concentração dos usuários.
- Validar o funcionamento dos jogos desenvolvidos por meio de sessões periódicas com estudantes, observando sua contribuição para o aprimoramento da atenção.
- Analisar os efeitos da utilização dos jogos nos participantes, considerando o impacto nas habilidades cognitivas e no desempenho escolar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, objetivamos apresentar o referencial teórico que servirá como base para a pesquisa. Para tanto, foram abordados estudos, teorias e conceitos pertinentes ao neurofeedback, discutindo-se o impacto dessa técnica no processo de aprendizagem, assim como no treinamento cognitivo e nas dificuldades associadas a aprendizagem.

2.1 Neurofeedback: fundamentos e princípios

Os estudos da eletroneurofisiologia remontam desde 1848 quando o fisiologista alemão, Emil do Bois-Reymond descobriu os primeiros sinais elétricos nos nervos periféricos de animais (Milla *et al.*, 1996), vinte e sete anos depois, mais precisamente em 1875, o inglês Richard Caton tornou-se o primeiro cientista a registrar sinais elétricos no cérebro de macacos e coelhos (Bennett, 1999). Em 1924 o psiquiatra alemão Hans Berger, pioneiro no campo, estabeleceu uma conexão entre dois eletrodos no escalpo (couro cabeludo) de um paciente. Esse experimento resultou na captação de uma corrente elétrica no cérebro humano, marcando assim a criação do primeiro registro de eletroencefalograma (EEG) em seres humanos (Gil, 2005).

Com o avanço no entendimento do eletroencefalograma (EEG) e das atividades cerebrais, surgiu uma técnica inovadora conhecida como neurofeedback: processo de aprendizagem no qual o indivíduo passa a ter controle das frequências das suas ondas cerebrais. Essa abordagem, baseada em uma compreensão mais aprofundada da atividade cerebral, envolve a monitorização cuidadosa do EEG, muitas vezes utilizado como ferramenta de registro (Arns *et al.*, 2009; Sherlin *et al.*, 2011; Larsen; Sherlin, 2013). Essa progressão no entendimento da atividade cerebral é essencial para o desenvolvimento e aplicação eficaz do neurofeedback (NFB), representando um passo significativo na intersecção entre a tecnologia e a compreensão do cérebro humano.

Os equipamentos de neurofeedback, de maneira geral, exercem três funções fundamentais: a) registram os sinais elétricos provenientes das atividades corticais e subcorticais, à altura do couro cabeludo; b) intensificam e quantificam esses sinais; e c) exibem tais sinais ao indivíduo através de informações visuais e/ou auditivas de relevância (Peek, 1995). Essa técnica consiste em monitorar a atividade cerebral de um indivíduo em tempo real, por meio de eletrodos colocados no couro cabeludo (Hernández, 2015).

A atividade elétrica cerebral é captada e enviada para um computador, que, por sua vez, oferece um feedback visual ou auditivo, refletindo de maneira imediata o estado neural do

indivíduo. Com base no feedback fornecido, os indivíduos têm a oportunidade de adquirir a habilidade de modular sua atividade cerebral, buscando alcançar estados neurofisiológicos desejados. Sob essa perspectiva, o estudo conduzido por Marçal *et al.* (2022) esclareceu que esse contexto específico pode desempenhar um papel crucial na promoção da autorregulação da atividade eletrocortical em indivíduos.

2.2 Aplicações do neurofeedback no contexto educacional

No contexto educacional, o neurofeedback tem despertado interesse como uma ferramenta de grande interesse, potencialmente capaz de aprimorar o desempenho acadêmico e a aprendizagem dos alunos. Diversos estudos têm se debruçado sobre sua aplicação no ensino de disciplinas cruciais, como matemática, leitura e escrita, evidenciando melhorias significativas nas habilidades cognitivas e no rendimento escolar dos estudantes (Lopes; Alves, 2023).

2.2.1 Neurofeedback para ajudar crianças com dislexia

A dislexia, também referida como dificuldade de leitura, é um distúrbio do desenvolvimento neurológico predominante na aprendizagem da leitura em crianças. Este transtorno cognitivo enfatiza a importância de métodos pedagógicos e instruções especializadas para garantir o desenvolvimento acadêmico dos sujeitos. A dislexia é caracterizada por dificuldades no reconhecimento exacto ou eficiente de palavras, dificuldades ortográficas e dificuldades na decodificação (Cruz, 2019).

Uma das principais dificuldades experimentadas por crianças disléxicas é a conversão entre a letra escrita e o som, conhecida como deficiência fonológica. Adicionalmente, é comum que ambas as dificuldades na leitura que envolve a compreensão de textos e na matemática sejam igualmente experimentadas (Teles, 2004). Breteler *et al.* (2014) realizaram uma pesquisa sobre o impacto do NF na leitura e nas habilidades ortográficas de 19 crianças disléxicas. O protocolo de NF foi personalizado com base em uma avaliação quantitativa do EEGomotorial (qEEG). A habilidade ortográfica das crianças foi avaliada antes e depois de 40 sessões de NF, utilizando testes apropriados.

A análise focalizou a medição da potência da onda frontal temporária e a coerência nas ondas frontocentral e parietal. Os autores verificaram um incremento significativo conseqüente ao aumento em Coerência alfa em dotação a melhoria ortográfica. Estes resultados indicam que

o NF - via ICC - pode ser uma ferramenta importante no tratamento da dislexia, especialmente em relação à modulação da atenção. Estudos são obtidos, como este, mostram informações intrigantes sobre o potencial terapêutico do NF no tratamento das dificuldades de aprendizagem, destacando a necessidade de estratégias inovadoras para aumentar as habilidades cognitivas em crianças com dislexia.

Outro estudo pertinente foi liderado por Nazari *et al.* (2012), que examinou a aplicação do neurofeedback em 6 crianças com média de 9 anos. O objetivo era reduzir as frequências delta (1–4 Hz) e teta (4–8 Hz), ao mesmo tempo em que aumentava as frequências beta (15–18 Hz). A intervenção consistiu em 20 sessões de neurofeedback, com duração de 30 minutos cada, realizadas com videogames interativos como feedback. Os resultados mostraram melhorias significativas na capacidade de leitura das crianças, com reduções no tempo de leitura e na ocorrência de erros. Após dois meses, as avaliações de envio ofereceram alterações na potência das bandas do eletroencefalograma (EEG), com normalização da coerência das bandas delta, teta e beta. Além disso, observaram melhorias na capacidade de leitura e na consciência fonológica das crianças.

Esses resultados reforçam a evidência de que o neurofeedback, realizado via ICC, desempenha um papel relevante no tratamento da dislexia. Além dos benefícios imediatos, a proposta promove melhorias nas funções cognitivas associadas à leitura, fazendo do neurofeedback uma ferramenta promissora para o desenvolvimento de intervenções de eficácia e duração para o tratamento dessa desordem.

2.2.2 Neurofeedback para ajudar crianças com discalculia

De acordo com Bernardi (2014), a Discalculia não deve ser encarada como uma doença, tampouco como uma condição crônica. Este transtorno, voltado especificamente para a aprendizagem em matemática, destaca-se pela dificuldade no processo de assimilação do cálculo, podendo ser observado em indivíduos com inteligência normal.

É importante mencionar que a discalculia é um transtorno do neurodesenvolvimento que afeta a capacidade de uma pessoa em compreender e lidar com conceitos matemáticos, como contar, calcular e entender as relações numéricas. Este distúrbio pode se manifestar desde a infância e impactar diretamente o desempenho acadêmico, especialmente em atividades que envolvem matemática. Indivíduos com discalculia apresentam dificuldades persistentes em operações simples, memorizar fatos matemáticos e compreender padrões numéricos, apesar de uma inteligência dentro da média ou até superior à média. A identificação precoce e as

intervenções pedagógicas específicas são fundamentais para minimizar os impactos dessa dificuldade no aprendizado. Segundo um estudo de Fuchs *et al.* (2006), a discalculia pode estar associada a alterações no processamento de informações numéricas no cérebro, o que reforça a necessidade de estratégias de ensino adaptadas para essas crianças.

Conforme destacado por Bastos (2008), a Discalculia ou Discalculia do Desenvolvimento é conceituada pela Academia Americana de Psiquiatria como a dificuldade em "aprender matemática, caracterizada por dificuldades persistentes em adquirir proficiência adequada neste domínio cognitivo, mesmo em indivíduos com inteligência normal, acesso a oportunidades educacionais, estabilidade emocional e motivação necessária".

Em busca de soluções para enfrentar os desafios no ensino de matemática, estratégias inovadoras, como a integração de tecnologias educacionais, destacam-se por proporcionar abordagens dinâmicas e adaptativas, atendendo às necessidades individuais dos estudantes. A introdução do neurofeedback emerge como uma opção promissora para aprimorar o desempenho cognitivo e emocional, oferecendo um caminho mais eficaz e personalizado para a aprendizagem matemática.

No estudo semi-experimental conduzido por Khosrorad *et al.* (2013), o objetivo principal foi avaliar a eficácia do tratamento com neurofeedback nas funções executivas de estudantes diagnosticados com discalculia. A pesquisa envolveu a participação de 10 estudantes discalcúlicos do Centro de Distúrbios de Aprendizagem de Teerã, Irã. Para a análise das capacidades cognitivas, os sujeitos foram submetidos a testes de desempenho contínuo (Rosvold *et al.*, 1965), à versão computacional da Torre de Londres (Morris *et al.*, 1993), ao teste de Stroop (Stroop, 1935) e ao teste de memória operacional de Cornoldi (Cornoldi; Vecchia, 1995), todos projetados para avaliar as funções executivas.

Os participantes foram aleatoriamente divididos em grupos teste e controle. O grupo teste passou por 20 sessões educacionais de neurofeedback ao longo de 45 dias, enquanto o grupo controle, durante o mesmo período, esteve diante do computador por 20 sessões, sem ser submetido ao método de neurofeedback. Após a conclusão das sessões, as funções executivas de ambos os grupos foram avaliadas. Os dados coletados foram analisados por meio de análise de covariância.

Os resultados revelaram que o treinamento com neurofeedback teve um impacto significativo nas funções executivas dos estudantes discalcúlicos. Esta constatação ressalta a relevância e eficácia do neurofeedback como uma abordagem terapêutica promissora para melhorar as capacidades executivas em indivíduos que enfrentam desafios específicos, como a discalculia.

Outro estudo que merece destaque é o de Behzadi *et al.* (2015) por revelar um avanço significativo no entendimento de como o treinamento de neurofeedback pode impactar positivamente a capacidade de cálculo numérico e memória numérica em alunos com discalculia. A pesquisa, um estudo quase-experimental, cuidadosamente concebido com um grupo de teste e um grupo de controle, trouxe à luz informações valiosas. Os participantes, selecionados aleatoriamente entre alunos de 10 a 12 anos com transtorno de insuficiência aritmética, passaram por avaliações pré e pós-teste. O uso da Escala Wechsler de Inteligência e da Escala de Computação Numérica Infantil Revisada proporcionou uma visão abrangente das habilidades numéricas dos estudantes.

Não obstante, os resultados do estudo de Behzadi *et al.* (2015) revelaram que o treinamento de neurofeedback na memória numérica desencadeou um aumento notável nas habilidades de cálculo numérico no grupo experimental. Comparativamente, o grupo experimental, submetido ao treinamento de neurofeedback, demonstrou um desempenho superior em cálculo numérico em relação ao grupo controle.

As conclusões extraídas destacam não apenas a eficácia do neurofeedback como estratégia educacional complementar no tratamento da discalculia, mas também sua capacidade de modular os padrões das ondas cerebrais em crianças. Este fenômeno culminou em melhorias concretas na capacidade de cálculo numérico e memória numérica, fornecendo uma base robusta para a inclusão do neurofeedback como uma ferramenta valiosa na abordagem da discalculia.

2.2.3 Neurofeedback para ajudar crianças com sintomas de TDAH

O Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) se manifesta como uma condição neurobiológica de origem genética, frequentemente fazendo sua aparição na infância e perdurando ao longo da vida. Segundo Barkley (2002), o indivíduo portador de TDAH apresenta uma diminuição na taxa de dopamina no córtex central, um mecanismo essencial para estimular o sistema nervoso central. Esse neurotransmissor desempenha um papel crucial no controle motor e na atenção, sendo sua deficiência associada à falta de concentração, uma característica distintiva do transtorno.

Indivíduos diagnosticados com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) encaram uma série de desafios significativos. A manutenção da atenção se torna uma tarefa desafiadora, comprometendo a habilidade de persistir em uma atividade até sua conclusão. A tendência a alternar frequentemente entre tarefas, sem finalizar a primeira, é uma

característica distintiva dessa condição. Esses desafios ressaltam a complexidade do TDAH e a necessidade de abordagens adaptativas para otimizar o funcionamento diário desses indivíduos.

Crianças que apresentam manifestações do Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) apresentam grandes dificuldades no ambiente escolar, especialmente quanto à atenção e ao autorregulação. Essas crianças apresentam dificuldades em permanecer atentas por longos períodos, prejudicando seu desempenho acadêmico. Conforme Costa (2023), o TDAH pode resultar em dificuldades permanentes na capacidade de manter a atenção em atividades prolongadas, como leitura ou mesmo para resolver problemas em matemática. Essa consideração prejudica não só a capacidade de aprendizado dessas crianças mas também a interação social e a conduta delas no meio escolar, o que exige, portanto, atenção diferenciada e mais cuidadosa dos educadores.

As intervenções realizadas para o TDAH, muitas vezes, buscam a modificação das estratégias pedagógicas utilizadas, adaptando-as para o melhor aproveitamento dessas crianças, além de incluir o uso de tecnologias que possam auxiliar na melhoria das funções cognitivas das crianças com TDAH. Costa *et al.* (2021) afirmaram recentemente que o uso de interfaces cérebro-computador (ICC) apresenta resultados significativos para o tratamento de crianças com TDAH, melhorando a atenção sustentada e mesmo autorregulação. O neurofeedback, mais especificamente, é uma dessas ICM, que permite à criança receber feedback em tempo real, sobre sua atividade cerebral, ou ainda ajudar a mesma aprender a controlar sua própria atenção. A utilização dessas ferramentas pode se transformar em um importante recurso para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas personalizadas, podendo promover um trabalho de aprendizagem otimizado.

Além disso, a implementação de jogos digitais interativos também foi estudada como ferramenta para potencialização das habilidades cognitivas das crianças com TDAH. Oliveira *et al.* (2024) afirmaram que os jogos, quando aplicados conjuntamente ao treinamento de interface cérebro-computador, poderiam contribuir não apenas para o engajamento das crianças, mas, também, para o fortalecimento das suas funções executivas, tais como memória de trabalho e controle de impulsos. Os jogos são adaptados especificamente às necessidades de cada aluno e permitem o desenvolvimento de um aprendizado personalizado e eficaz. Esta nova abordagem mostrou o potencial que tecnologias como o neurofeedback oferecem para tratamento e evolução dos sintomas de TDAH, trazendo alternativas para as estratégias pedagógicas usuais.

O estudo conduzido por Lim *et al.* (2012) propôs uma abordagem inovadora para o controle do nível de atenção em crianças com Transtorno do Déficit de Atenção e

Hiperatividade (TDAH). A metodologia adotada utilizou a captação de sinais cerebrais para determinar a velocidade de um avatar em um jogo, visando não apenas o entretenimento, mas também o aprimoramento da função cognitiva de atenção. Os resultados desse estudo revelaram melhorias substanciais na função cognitiva de atenção ao longo de 8 semanas de treinamento, proporcionando uma perspectiva promissora para abordagens terapêuticas baseadas em neurofeedback. Além disso, observou-se uma melhoria significativa nos comportamentos de hiperatividade-impulsividade dos 20 participantes analisados.

Sob esse ponto de vista, Park *et al.* (2018) empreenderam esforços para aprimorar a habilidade de leitura em crianças com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) por meio do desenvolvimento de um jogo baseado em uma narrativa de conto de fadas, incorporando atividades direcionadas à atenção e comportamento durante o jogo. Para progredir no jogo, executando atividades que demandam atenção, o jogador necessita manter o foco de modo a permitir que a (ICC) capte os sinais essenciais para a atenção, promovendo assim o treinamento da atenção sustentada. Este estudo envolveu a participação de 5 crianças ao longo de 5 sessões.

Os resultados obtidos no estudo de Park *et al.* (2018) revelaram melhorias significativas na habilidade de leitura em voz alta e na compreensão do texto, além de evidenciar um aumento no tempo de atenção sustentada e uma redução no comportamento hiperativo ao longo das sessões. Esses resultados indicam que a abordagem lúdica, ancorada em narrativas de contos de fadas e atividades de atenção, proporcionou benefícios tangíveis no desenvolvimento da habilidade de leitura e na gestão do comportamento em crianças com TDAH.

Nesse sentido, a perspectiva de incorporar abordagens centradas em sinais cerebrais no tratamento do TDAH abre portas para intervenções personalizadas e eficazes. Isso contribui para uma abordagem mais abrangente e direcionada a esse desafio neurobiológico específico, oferecendo novas possibilidades de melhoria no manejo e na qualidade de vida para aqueles que enfrentam o TDAH.

2.2.3.1 Neurofeedback para ajudar crianças com Transtorno do Espectro Autista

O transtorno do espectro autista (TEA) é um distúrbio do neurodesenvolvimento que afeta a comunicação, a interação social e o comportamento. As crianças com TEA podem apresentar dificuldade em entender e responder às emoções de outras pessoas, o que pode dificultar suas interações sociais (Montenegro; Celeri; Casella, 2018). Atualmente, não existe cura para o TEA, mas existem várias intervenções que podem ajudar a melhorar os sintomas.

Uma dessas intervenções é o treinamento de neurofeedback (NFT) (Vilani; Lima; Samulski, 2015).

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição de neurodesenvolvimento cujas dificuldades nos domínios da comunicação social, dos comportamentos repetitivos e dos padrões restritos de interesse caracterizam-na. Assim, as dificuldades das crianças com TEA podem consistir em estabelecer interações sociais, compreender normas sociais e expressar suas emoções em um formato convencional, o que terá impactos no desempenho acadêmico e na integração social da criança, sendo, assim, necessárias intervenções educativas e terapêuticas adequadas ao desenvolvimento da criança. Costa (2023) salienta que, mesmo com dificuldades nas competências em comunicação social, as crianças com TEA, por sua vez, também podem ter competências profissionais em áreas específicas, tais como a memória visual e as provedores.

A abordagem multidisciplinar constitui a via do tratamento do TEA a fim de lidar com os aspectos cognitivos, emocionais e comportamentais envolvidos. O uso de tecnologias tais como as interfaces cérebro-computador têm sido demonstradas como uma estratégia promissora. Oliveira *et al.* (2024) relatam que o uso do neurofeedback, por meio de ICC, têm se mostrado eficaz no aprimoramento das habilidades de natureza cognitiva e social crianças com TEA. Essa proposta utiliza feedback em tempo real das atividades cerebrais, possibilitando assim que uma criança aprenda a autorregular o funcionamento de suas funções cognitivas como a atenção e o foco, cruciais para o seu desenvolvimento acadêmico, bem como social.

A utilização de jogos digitais interativos tem sido uma das mais utilizadas estratégias conjuntas com o neurofeedback para auxiliar no aprendizado das crianças com TEA. Conforme Costa *et al.* (2021), os jogos digitais são adaptados para as necessidades dessas crianças, oferecendo um meio eficaz para trabalhar áreas tais como: atenção sustentada, controle de impulsos e memória de trabalho. Além de aumentar o envolvimento das crianças, esses jogos proporcionam uma experiência lúdica e dinâmica de aprendizado, que favorece o desenvolvimento das funções executivas necessárias para o sucesso acadêmico e social.

Não só a melhora das funções cognitivas, as interfaces cérebro-computador também podem auxiliar crianças com TEA a trabalhar suas habilidades sociais e emocionais. A personalização do treinamento, de acordo com as características individuais de cada criança, constitui um fato essencial nesta abordagem. Para Oliveira *et al.* (2024), ao-se integrar o treinamento cognitivo com a prática de habilidades sociais, uma intervenção mais holística pode ser formulada, tratando dos aspectos acadêmicos e sociais do desenvolvimento infantil. Esta integração possibilita que as crianças com TEA possam usufruir de uma abordagem educativa

mais efetiva, promovendo a melhora global de qualidade de vida, e de inserção no ambiente escolar e social.

Nos estudos conduzidos por Kouijzer *et al.* (2015), investigou-se os efeitos do neurofeedback no desempenho executivo de um grupo composto por 14 crianças (12 meninos e 2 meninas) diagnosticadas com Transtorno do Espectro Autista (TEA), todas com idades entre 8 e 12 anos. Essas crianças foram divididas em dois grupos: um grupo de intervenção, que recebeu sessões de neurofeedback, e um grupo controle, que não passou por nenhum tratamento. No contexto deste estudo, as crianças foram treinadas para reduzir a atividade teta na região frontal do cérebro. Essa abordagem inovadora de intervenção visou explorar a influência do neurofeedback no desempenho executivo específico das crianças com TEA, contribuindo para a compreensão de estratégias terapêuticas promissoras nesse contexto clínico.

Os resultados do estudo mostraram que o neurofeedback foi eficaz em melhorar o funcionamento executivo das crianças com TEA. As crianças do grupo de intervenção apresentaram melhoras significativas em tarefas de atenção, memória, flexibilidade cognitiva e inibição. Além disso, as crianças do grupo de intervenção também apresentaram melhoras no comportamento social e comunicativo. Os autores do estudo concluíram que o neurofeedback é uma intervenção promissora para o tratamento do TEA. Desse modo, compreende-se que o neurofeedback pode ajudar a melhorar o funcionamento executivo das crianças com TEA, o que pode levar a melhorias em outras áreas da vida, como a escola, a família e a comunidade.

Estes resultados foram consistentes com a hipótese dos autores. As crianças do grupo de intervenção apresentaram reduções significativas na atividade teta na região frontal do cérebro, e também apresentaram melhoras significativas no funcionamento executivo. Este estudo fornece evidências preliminares de que o neurofeedback pode ser uma intervenção eficaz para o tratamento do TEA. No entanto, são necessários mais estudos para confirmar esses resultados e para investigar o mecanismo de ação do neurofeedback no TEA.

Já um outro estudo de Friedrich *et al.* (2015) investigou os efeitos do NFT na melhora das interações sociais em crianças com TEA. O estudo envolveu 13 crianças com TEA que completaram um total de 16 sessões. O neurofeedback utilizado no estudo foi baseado em um jogo que incentivava as interações sociais e fornecia feedback com base na imitação e na responsividade emocional. O jogo era jogado em um computador e as crianças eram incentivadas a imitar as ações de um personagem animado. Os resultados do estudo mostraram que as crianças que receberam NFT apresentaram melhorias significativas nos seguintes aspectos: eletrofisiologia, reatividade emocional (melhoria na identificação de emoções e imitação espontânea) e comportamento (melhora significativa no comportamento no dia a dia).

Os resultados do estudo de Friedrich *et al.* (2015) sugerem que o NFT pode ser uma intervenção eficaz para melhorar as interações sociais em crianças com TEA, haja vista que, pode ajudar a melhorar a atenção, a regulação emocional e as habilidades de imitação, que são importantes para as interações sociais. Em vista disso, o NFT pode ser uma intervenção promissora para o tratamento do TEA, especialmente aquelas que apresentam dificuldades nas interações sociais. Entretanto, mais pesquisas são necessárias para confirmar os resultados do estudo de Friedrich *et al.* (2015).

2.3 Atenção e concentração: elementos fundamentais para a aprendizagem

A aprendizagem está profundamente relacionada aos conceitos de atenção e concentração, de modo que não é possível considerar a análise de um desses componentes sem a do outro (Rebelo, 1994). A atenção, como o ato de focalizar e selecionar a informação relevante, e a concentração, que é a habilidade de manter essa atenção ao longo do tempo, são elementos essenciais no processo de aquisição do conhecimento. Essa interdependência entre os conceitos reafirma a necessidade de uma pesquisa que adote uma perspectiva holística no tratamento da aprendizagem, o que implica que o sucesso escolar e o desenvolvimento de competências cognitivas não dependem somente de estratégias didáticas, mas também da qualidade da atenção e da concentração exercidas pelo estudante. Assim, é preciso considerar como esses processos vêm a interferir na eficiência da aprendizagem e na aquisição de competências cognitivas.

A interligação vital entre atenção e concentração destaca-se como um aspecto fundamental, onde o pleno funcionamento de uma é indispensável para o apoio eficaz da outra. Assim como o corpo, a mente requer exercícios para um bom desenvolvimento. No entanto, a compreensão aprofundada das distinções entre esses dois elementos é crucial, pois com isso é permitindo um diagnóstico preciso no processo de evolução acadêmica. Conforme apontado por Oliveira (2003), a atenção pode ser conceituada como a direção da consciência, caracterizando-se pelo estado de concentração da atividade mental em um objeto específico. Este fenômeno pode ser submetido a processos de controle voluntário, muitas vezes relacionados a estímulos previamente vivenciados. Por outro lado, a concentração, conforme Oliveira (2003) destaca, representa a habilidade do indivíduo em focar nas informações mais relevantes no seu meio.

Samulski (2002) enriquece essa compreensão ao abordar que a concentração não apenas envolve a orientação da atenção, mas também requer sua manutenção ao longo de um período

de tempo significativo. Essas habilidades são essenciais para a aprendizagem, pois permitem que os alunos se concentrem nas informações importantes e as processem de maneira eficaz. Nesse sentido Skinner afirma que:

A atenção que é capturada por estímulos atrativos deve ser distinguida da atenção que é “prestada”. Apenas a última precisa ser aprendida. Olhar e escutar são formas de comportamento, e elas são fortalecidas por reforçamento. Um pombo pode aprender a comparar cores, por exemplo, apenas se ele “prestar atenção a elas”. O experimentador garante que ele o faz, não atraindo sua atenção, mas reforçando-o por olhar (Skinner, 1961/1999c, p. 237)

A dinâmica da atenção se manifesta em situações cotidianas, onde elementos comuns capturam nosso interesse. Por exemplo, o toque de uma notificação no celular durante uma conversa, o aroma irresistível de café pela manhã, ou até mesmo as cores vibrantes de um pôr do sol podem direcionar nossa atenção de maneira instantânea. Além disso, ao cruzar a rua, a buzina de um carro ou a sirene de uma ambulância chamam nossa atenção, indicando a necessidade de foco imediato.

Da mesma forma, ao folhear um livro, um trecho intrigante pode desviar nossa atenção para pensamentos ou lembranças específicas, revelando como a leitura pode ser um estímulo poderoso. Mesmo em ambientes barulhentos, uma única palavra-chave em uma conversa alheia pode atrair nossa atenção e despertar curiosidade. Esses exemplos ilustram como a atenção está constantemente envolvida em nosso cotidiano, moldando nossa percepção e influenciando as experiências que definem nosso dia a dia.

A atenção, uma função cognitiva essencial, nos capacita a focar e manter o interesse em estímulos específicos ou tarefas, caracterizando-se por uma resposta seletiva. A influência das nossas necessidades sobre a atenção é evidente em inúmeros contextos, como no exemplo de alguém que está considerando comprar um carro e, conseqüentemente, passa a prestar mais atenção aos carros nas ruas, a anúncios e a conversas relacionadas ao tema.

Diversos tipos de atenção são identificados, variando de acordo com o tipo de processamento envolvido no contexto cognitivo. Estes incluem atenção seletiva, sustentada, alternada e dividida (Sternberg, 2000). O entendimento dessas distintas formas de atenção é fundamental para compreender a complexidade do processo cognitivo e suas nuances no funcionamento mental humano como veremos abaixo:

Atenção Sustentada: Este é o nível mais fundamental da atenção, caracterizado pela capacidade de manter a concentração por períodos prolongados. Exemplos cotidianos incluem ouvir alguém falar, assistir a um filme, conduzir em uma longa viagem, ler um livro, ou realizar

tarefas que demandam foco contínuo. Este tipo de atenção é essencial para diversas atividades do dia a dia, contribuindo para o engajamento prolongado em diversas situações.

Atenção Seletiva: Este tipo de atenção consiste em focar em uma tarefa específica e ignorar distrações. Situações comuns que exigem atenção seletiva incluem ouvir um amigo em um restaurante barulhento, encontrar a marca correta de café no supermercado ou realizar uma tarefa enquanto tentamos bloquear pensamentos ou sentimentos perturbadores. Este processo cognitivo é crucial para filtrar informações e manter o foco em atividades específicas, mesmo em ambientes desafiadores.

Atenção Dividida: Essa forma de atenção envolve focar em mais de uma tarefa simultaneamente. Exemplos cotidianos abrangem andar e conversar ao mesmo tempo, beber café enquanto caminhamos, ou conduzir e ouvir música simultaneamente. Este tipo de atenção é essencial para lidar eficientemente com demandas múltiplas e realizar atividades diversas de maneira coordenada. A capacidade de dividir a atenção entre diferentes estímulos contribui para a eficácia em ambientes multitarefa.

Atenção Alternada: Essa modalidade consiste em mover a atenção de uma tarefa para outra conforme necessário, representando um nível mais avançado de atenção. Situações que exigem atenção alternada incluem preparar uma refeição complexa, ler um livro enquanto supervisionamos uma criança à beira-mar, ou interromper o trabalho no computador para atender uma chamada.

Cabe destacar que a concentração, abordada anteriormente, está intrinsecamente relacionada à atenção sustentada. No âmbito específico desta pesquisa, dedicaremos um direcionamento especial à análise e compreensão desse tipo de atenção. Enquanto a atenção nos capacita a direcionar nosso foco para estímulos externos, a concentração desempenha um papel fundamental ao permitir a manutenção prolongada desse foco. Desenvolver ambas as habilidades, atenção e concentração, desde os primeiros anos, não só aprimora a aprendizagem imediata, mas também estabelece uma base sólida para a aquisição contínua de conhecimento ao longo da jornada educacional e profissional. Essas habilidades, quando cultivadas desde cedo, tornam-se aliadas essenciais para o sucesso acadêmico e além.

Na educação, a atenção e a concentração são frequentemente desafiadas por distrações, como ruídos, problemas pessoais e falta de objetivos. Esta perspectiva reforça a complexidade desses processos cognitivos e destaca a importância de explorar estratégias que aprimorem tanto a atenção quanto a concentração no contexto educacional. É importante que os professores compreendam que a atenção e a concentração são habilidades que podem ser desenvolvidas e aprimoradas com o tempo. Por exemplo, a repetição de uma atividade pode ajudar a reter

informações e melhorar a concentração. É por meio do foco que os estudantes podem imergir nas complexidades dos problemas matemáticos, possibilitando uma compreensão mais profunda e eficaz (Silva; Schefer, 2019).

Ao criar atividades que incentivem a atenção e a concentração, os professores podem ajudar os alunos a se tornarem aprendizes mais eficazes, corroborando com as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) estabelecidos pela Secretaria de Educação Fundamental do Brasil em 1998, que destacam o aluno como sujeito ativo no processo de aprendizagem. Contudo, ressalta-se que a disposição para aprender não é uma responsabilidade exclusiva do aluno, mas também do professor. Compete a este último, por meio de sua prática pedagógica, estimular no estudante atitudes propícias para a aprendizagem, promovendo a curiosidade, a investigação, a criatividade e a originalidade, levando em consideração tanto os aspectos afetivos quanto as diferenças individuais.

Em uma de suas citações notáveis, Aristóteles articula de forma clara: "Somos o que repetidamente fazemos. A excelência, portanto, não é um feito, mas um hábito" (Sorabji, 1973). Refletindo sobre essa ideia, podemos instigar a formação do hábito de cultivar a atenção, de concentrar-se e interagir de maneira aprofundada com um objeto específico. Essa prática constante não apenas contribui para a construção ativa do conhecimento, mas também permite a mobilização eficiente desse saber quando necessário. A máxima aristotélica ressalta a importância dos hábitos na formação do caráter e na busca pela excelência, destacando como a repetição de comportamentos, como prestar atenção e concentrar-se, pode moldar nossa capacidade de aprendizagem e aquisição de sabedoria.

No contexto educacional, surge um desafio pedagógico relevante: o exercício do cérebro para manter a atenção integralmente direcionada ao momento presente, isso visa assegurar que o aluno permaneça concentrado em seus estudos. É imperativo destacar que a atenção e a concentração desempenham um papel fundamental como pré-requisito essencial para o processo de aprendizagem (De-Nardi; Sordi, 2007).

Para aprimorar a atenção e concentração, diversas estratégias estão disponíveis, incluindo técnicas de meditação, prática de exercícios físicos e a utilização de jogos específicos voltados para o desenvolvimento dessas habilidades. Em particular, jogos focados em atenção e concentração revelam-se ferramentas valiosas para potencializar não apenas o processo de aprendizagem em matemática, mas também outras habilidades cognitivas. Essas abordagens oferecem alternativas dinâmicas e eficazes para fortalecer aspectos fundamentais do desempenho cognitivo (Gomes; Silva, 2018).

Nesse contexto, a proposta de incorporar práticas inovadoras e jogos educativos, como

sugerido por Almeida (2019), apresenta-se como uma estratégia promissora. Tais iniciativas têm o potencial de não apenas cativar a atenção dos estudantes, mas também fortalecer a concentração, transformando o processo de aprendizagem de matemática em uma jornada envolvente e eficaz.

2.4 Uso de jogos de treinamento da atenção e concentração para aprendizagem

Os jogos baseados em interface cérebro-computador estão se tornando uma ferramenta promissora para o treinamento de atenção e concentração, em diferentes contextos do campo da educação. Desenvolvimentos recentes dessa tecnologia mostraram grande potencial em termos de estimar o estado mental dos usuários e apoiar o treinamento de atenção das crianças (Chang *et al.*, 2022).

Estes jogos, potencializados pela ICC operam através da interpretação de sinais cerebrais, concedendo ao jogador a capacidade de moldar a narrativa do jogo, solucionar desafios matemáticos e aprimorar habilidades cognitivas de maneira personalizada. Ao direcionar o treinamento para aprimorar atenção e concentração, esses jogos oferecem respostas instantâneas às flutuações no estado mental do jogador, fomentando um ambiente educacional dinâmico. A seguir, estão apresentados alguns trabalhos que exploram a eficácia desses jogos inovadores como ferramentas educacionais.

No trabalho de Lin *et al.* (2014), intitulado como: *“A new method for evaluating the concentration of reading behaviors with electrical activity recorded on the scalp”* foi apresentado um novo método para avaliar a concentração durante a leitura por meio de sinais elétricos registrados no couro cabeludo. A detecção de concentração foi combinada com um teclado de varredura, onde o usuário usava um analisador de sinal de eletrodo de cabeça, e a virada de página de um e-book foi controlada por piscar. A leitura foi combinada com detecção de concentração para o design inovador deste estudo, que lembrava o usuário de se concentrar. Os sujeitos deste estudo foram cinco homens. Nos resultados experimentais deste sujeito de teste, os lembretes de texto foram dados aos 3, 15 e 18 min, e um lembrete musical foi dado aos 5 min. A concentração foi aparentemente restaurada após lembretes musicais, e o valor da onda não foi diminuído com lembretes de texto. O usuário foi treinado por lembretes para ajustar o modo de leitura, melhorando assim a capacidade de leitura e os efeitos de aprendizagem. O método apresentado pode ter aplicações práticas na área da informática biomédica e engenharia biomédica.

Já o estudo de Felisa *et al.* (2015) intitulado *“Identifying Problem Solving Strategies for*

Learning Styles in Engineering Students Undergoing Intelligence Testing and EEG Monitoring”, buscou identificar as estratégias de resolução de problemas para estilos de aprendizagem em estudantes de engenharia. O objetivo foi entender melhor as preferências cognitivas e estratégias de aprendizagem dos alunos universitários, para que pudessem ser aplicadas na prática para melhorar a experiência de aprendizagem dos alunos de engenharia.

O estudo foi realizado com 20 graduandos do primeiro ano de engenharia, escolhidos aleatoriamente. O método utilizado foi a gravação simultânea do EEG enquanto os alunos resolviam 15 questões de um teste de inteligência visual (Raven Test, versão abreviada). O EEG é uma ferramenta eletrofisiológica que pode ajudar a medir as diferenças nos processos mentais dos alunos. Os resultados mostraram que a análise do EEG pode ser útil para identificar as preferências cognitivas e estratégias de aprendizagem dos alunos.

Esses princípios podem ser aplicados na prática para aprimorar a experiência de aprendizagem dos alunos de engenharia. O estudo também ressaltou a importância de compreender as diferenças interindividuais e preferências em estratégias de processamento de informação dos alunos, visando a melhoria e a exploração de novas variantes em estratégias de ensino e aprendizagem. Essa abordagem personalizada pode contribuir significativamente para otimizar o desenvolvimento acadêmico e a compreensão do conteúdo por parte dos estudantes.

Outro trabalho que merece destaque foi o realizado por Cecílio *et al.* (2016) onde apresentaram um framework para interação humano-computador baseado na interface cérebro-computador (ICC) para ensinar ou melhorar a autonomia de pessoas com deficiência física. O objetivo do estudo foi desenvolver uma abordagem completa baseada em jogos para processar sinais cerebrais e permitir a interação com sistemas interativos por meio de ICCs. Para testar o framework, foram desenvolvidos dois cenários simples baseados em jogos de imaginação de agarrar e olhar. Os jogos consistiram em escolher o objeto certo para colocar na lixeira ou escolher uma peça de um quebra-cabeça para encaixar a outra em um quadro branco. Através da abordagem proposta, os pesquisadores conseguiram discriminar a direção pretendida pelo jogador. Os participantes do estudo não foram especificados no artigo, mas os métodos utilizados incluíram a revisão de trabalhos relacionados que abordam sistemas ICC e Realidade Virtual (RV) especialmente desenvolvidos para pessoas com deficiência, além da proposta de uma estrutura para processar sinais cerebrais e discussão dos conceitos, componentes e metodologias do ICC.

Os resultados evidenciaram que a abordagem proposta alcançou aproximadamente 80% de precisão ao considerar blocos de 30 segundos de imaginação. O estudo conclui que a abordagem baseada em jogos pode representar uma alternativa viável para aprimorar a

autonomia de pessoas com deficiência física e cognitiva, possibilitando a operação de um computador exclusivamente por meio de sinais cerebrais. Este avanço apresenta potenciais benefícios significativos no empoderamento e na inclusão desses indivíduos na utilização de tecnologias computacionais.

3 METODOLOGIA

A condução de pesquisa científica, conforme delineado por Gil (2008), representa um processo racional e sistemático voltado para a geração de respostas aos problemas propostos. O próximo capítulo tem como propósito expor os procedimentos metodológicos que foram adotados para conduzir cada fase da pesquisa, delineando uma abordagem cuidadosa e estruturada na busca por respostas fundamentadas.

A seção 5.1 abordou o tipo de pesquisa, fornecendo uma descrição clara do enquadramento metodológico adotado. Na seção 5.2, estão descritos detalhadamente os sujeitos da pesquisa. O lócus da pesquisa foi abordado na seção 5.3. Na seção 5.4, foram apresentados os instrumentos e técnicas de coleta de dados utilizados. Por fim, na seção 5.5, foi abordado o desenho da pesquisa.

3.1 Tipo de pesquisa

O trabalho consistiu em um estudo descritivo com abordagem experimental, utilizando métodos mistos (qualitativos e quantitativos). Segundo Fontelles *et al.* (2009), em estudos experimentais, o pesquisador seleciona variáveis, estabelece controle sobre elas e observa os efeitos em condições pré-definidas, gerando resultados confiáveis. A pesquisa foi de campo, coletando dados diretamente dos participantes, seguindo métodos confiáveis para um melhor resultado nas conclusões.

3.2 Sujeitos

Para as avaliações propostas, a amostra foi composta por 6 crianças do Ensino Fundamental anos iniciais com faixa etária de 8 a 10 anos. Os critérios de inclusão foram cuidadosamente estabelecidos para garantir a eficácia e a representatividade do grupo de participantes. Para integrar esse grupo específico, os alunos deveriam satisfazer os seguintes requisitos: a) obter a autorização dos pais por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A); b) concordância em participar do estudo manifestada através da assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (APÊNDICE B); c) estar regularmente matriculado na escola onde foi realizado o treinamento; d) Estar frequentando as aulas de forma consistente. Cabe destacar que durante todo o processo, os alunos aderiram à pesquisa de forma voluntária e foram informados que poderiam sair da pesquisa a qualquer momento, caso achassem necessário.

3.3 Locus da pesquisa

O local da pesquisa foi a Escola Vital Didonet, uma instituição particular de ensino localizada na cidade de Fortaleza no Estado do Ceará. A referida instituição educacional dispõe de uma infraestrutura completa, incluindo salas de aula equipadas, recursos audiovisuais, laboratórios e espaços necessários para a realização das sessões de treinamento. As sessões foram executadas com a colaboração de um monitor designado para essa função, em uma sala, que foi estruturada de forma a estar devidamente caracterizada como um espaço inovador cuja intenção foi proporcionar um ambiente dinâmico e ideal para os objetivos do estudo.

No tocante à adaptação dos jogos, os participantes foram devidamente orientados sobre o funcionamento do jogo, as atividades propostas e a relação com a Interface Cérebro-Computador. Foram fornecidos esclarecimentos detalhados para garantir a compreensão do processo e a participação informada dos envolvidos. A pesquisa com princípios éticos promove a confiança dos participantes e a integridade do estudo, contribuindo para o avanço das estratégias de treinamento cognitivo com tecnologias inovadoras.

Todas as etapas da pesquisa foram conduzidas estritamente em conformidade com os princípios éticos e legais em conformidade com as diretrizes do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará, para garantir a integridade ética e a proteção dos direitos e privacidade dos envolvidos no estudo.

3.3.1 Instrumentos e técnicas de coleta de dados

Antes do início da coleta de dados, foi obtida a devida autorização da escola e o consentimento informado dos participantes, bem como de seus responsáveis legais. Os pais ou responsáveis foram convidados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), compreendendo plenamente os objetivos, procedimentos e possíveis benefícios e riscos associados à pesquisa.

Durante o processo de coleta de dados, foram adotadas medidas rigorosas de confidencialidade e privacidade, assegurando o anonimato dos participantes e a proteção de suas informações pessoais. Os dados coletados foram tratados de maneira sigilosa e utilizados exclusivamente para fins de análise e interpretação dentro do escopo da pesquisa.

Além disso, os participantes foram informados sobre o caráter voluntário de sua participação, enfatizando que poderiam desistir do estudo a qualquer momento, sem prejuízo de qualquer natureza. A pesquisa foi conduzida em estrita conformidade com as normas éticas

estabelecidas por órgãos reguladores e seguiu diretrizes específicas para pesquisa envolvendo seres humanos.

O processo de recolha de dados consistiu em quatro etapas principais. A primeira foi o treinamento dos alunos, realizada com jogos controlados pela Interface Cérebro-Computador, que consistia em um treinamento semanal voltado para o aprimoramento da atenção e das habilidades cognitivas. A segunda foi a comparação das notas dos boletins antes e depois do período de treinamento de cada participante, a fim de averiguar possíveis evoluções na aprendizagem durante o período de treinamento. Não obstante, questionários também foram aplicados aos pais e professores, com o objetivo de detectar qualquer percepção dos mesmos quanto a mudança comportamental, de atenção e desempenho acadêmico ao longo do tempo. E por fim foram analisados os resultados dos dados extraídos da Interface Cérebro-Computador para verificarmos se houve melhoria na atenção dos alunos.

Todo o sistema de recolha de dados foi elaborado para que os padrões derivados dos dados observados pudessem ser constatados de forma consistente ao longo do tempo, contribuindo para uma avaliação precisa dos impactos da intervenção.

Os dados encontrados nessas intervenções foram analisados pelo pesquisador principal para avaliar os resultados do treinamento, identificando possíveis melhorias no desempenho dos alunos. Essa abordagem incluiu uma análise detalhada dos efeitos dos jogos e da efetividade das estratégias de intervenção, fornecendo uma base sólida para interpretar os resultados e formular conclusões sobre os benefícios da metodologia adotada.

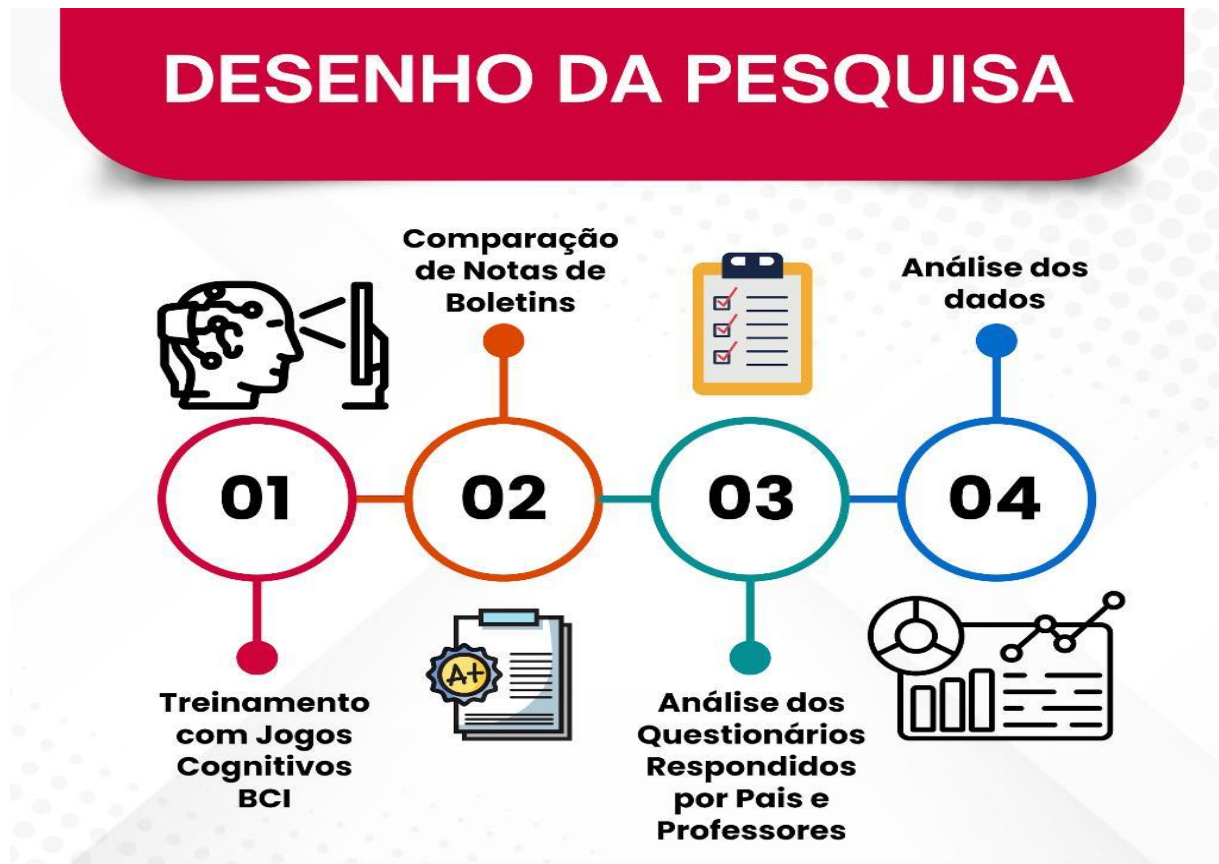
3.3.2 Desenho da pesquisa

O pesquisador juntamente com o monitor, configuraram a ICC, e explicaram o processo aos participantes, e em seguida, os alunos foram envolvidos em um jogo controlado por ondas cerebrais, projetado para estimular e aprimorar seu nível de atenção. A velocidade dos personagens no jogo ia se ajustando de acordo com o nível de concentração, tornando o jogo mais desafiador. À medida que o aluno mantinha ou melhorava sua atenção, o jogo se tornava mais exigente, o que a motiva a se concentrar ainda mais. Esse ajuste dinâmico não só intensificou o desafio, mas também possibilitou que o aluno alcançasse maiores pontuações, estimulando seu engajamento e progressão contínua.

A Figura 1 apresenta o esquema completo do processo de avaliação, abrangendo todas as etapas realizadas no estudo. O fluxo incluiu as sessões de treinamento que utilizaram neurofeedback para promover a regulação da atividade cerebral, a análise dos boletins escolares

dos alunos para verificar mudanças no desempenho acadêmico, a avaliação das respostas aos questionários aplicados a pais e professores, além da análise dos dados extraídos da Interface Cérebro-Computador durante o treinamento.

Figura 1 – Esquema contendo o desenho da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4 RESULTADOS

Nesta seção, estão apresentados e explicados os principais resultados deste trabalho de mestrado. Além dos efeitos do treinamento com jogos controlados pela Interface Cérebro-Computador, foram analisados o impacto na atenção e no desempenho acadêmico dos participantes. A avaliação considerou as notas escolares, as percepções dos pais e professores e os dados extraídos da ICC durante as sessões de treinamento.

4.1 O produto

O produto educacional resultante desta pesquisa foi um kit composto por dois jogos para treinamento da atenção via Interface Cérebro-Computador, projetados para melhorar as habilidades cognitivas de estudantes. Para interagir com o jogo, o aluno não fez uso das mãos, mouse ou teclado. Sua interação é exclusivamente por comandos mentais captados pela ICC e pela ação de piscar os olhos. Ambos os jogos trabalharam as habilidades relacionadas à atenção, tais como a atenção sustentada, o foco seletivo e a inibição das distrações.

4.1.1 Análise comportamental

Esta seção apresenta os resultados do estudo conduzido na Escola Vital Didonet com seis crianças de 8 a 10 anos. O treinamento consistiu em 40 sessões de 20 minutos cada, totalizando 13h e 20min por aluno, em média.

4.1.2 Composição da amostra

Tabela 1 – Composição da amostra por data de nascimento, série escolar e especificidade clínica

Participante	Data de Nascimento	Série Escolar	Especificidade Clínica
Participante 1	07/08/2015	3º ano	Sem especificidades clínicas mencionadas.
Participante 2	01/08/2014	4º ano	Sem especificidades clínicas mencionadas.
Participante 3	07/08/2015	3º ano	TEA
Participante 4	10/01/2015	4º ano	TEA
Participante 5	16/03/2012	5º ano	TEA
Participante 6	21/10/2015	3º ano	TDAH

O presente estudo adotou uma abordagem analítica baseada em quatro dimensões principais: desempenho acadêmico, percepções dos pais e avaliações dos professores e análise estatística dos dados extraídos da ICC. Cada uma dessas dimensões foi cuidadosamente analisada para identificar os efeitos do treinamento em diferentes aspectos do desenvolvimento dos alunos.

Para uma análise mais direcionada, foram adotados critérios de avaliação específicos para os diferentes perfis de alunos. No caso dos estudantes neurotípicos, como participante 1 (3º ano) e participante 2 (4º ano), o foco foi direcionado para as melhorias acadêmicas e sociais de forma ampla. Já para os alunos com diagnósticos de TEA ou TDAH, como, participante 3 (3º ano), participante 4 (4º ano), e participante 5 (5º ano) e participante 6, (3º ano), a avaliação priorizou habilidades específicas. Entre elas, destacou-se o aumento da atenção sustentada, o controle de impulsividade no caso do aluno com TDAH participante 6, e a comunicação e interação social, pontos cruciais para os alunos com TEA participantes 3,4 e 5. Essa abordagem integrada permitiu não apenas identificar os avanços individuais, mas também compreender o impacto mais amplo do treinamento com ICC no desenvolvimento acadêmico e socioemocional dos alunos.

4.1.2.1 Desempenho Acadêmico

Os resultados obtidos em termos de desempenho acadêmico dos alunos durante o curso de treinamento são apresentados nesta seção. O propósito é avaliar se houve efeito do uso dos jogos controlados via Interface Cérebro-Computador (ICC) na aprendizagem dos alunos. Vale destacar que a escola utiliza uma escala que varia de 0 a 100 para atribuição de notas para os alunos.

A análise da evolução do desempenho acadêmico foi realizada em três etapas bem definidas: **Etapla inicial:** Foram levantadas as médias obtidas pelos alunos na 1ª etapa escolar, antes do início do treinamento, servindo como um ponto de referência para avaliar o desempenho inicial. **Etapla intermediária:** Durante o treinamento, as notas da 2ª etapa escolar foram analisadas para identificar possíveis mudanças no desempenho acadêmico ao longo da intervenção. **Etapla final:** No término do treinamento, foi considerada a última nota atribuída pela escola, complementada pelos dados finais coletados durante as sessões, para avaliar o impacto consolidado do treinamento. Consta na tabela 2.

Tabela 2 - Desempenho Acadêmico

Participantes	Português			Matemática			Ciências		
	Inicial	Durante	Final	Inicial	Durante	Final	Inicial	Durante	Final
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
Participante 1	98	99	95	96	96	99	93	91	95
Participante 2	85	53	85	74	74	63	74	63	89
Participante 3	93	88	97	96	95	96	89	86	89
Participante 4	63	87	85	54	82	79	48	71	82
Participante 5	84	74	93	82	84	95	82	81	100
Participante 6	86	86	85	85	91	86	80	86	89

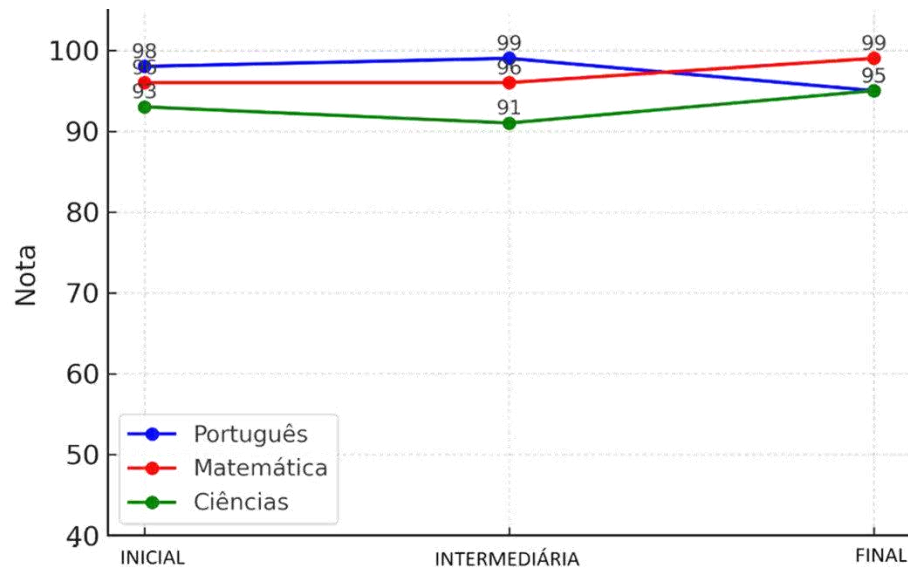
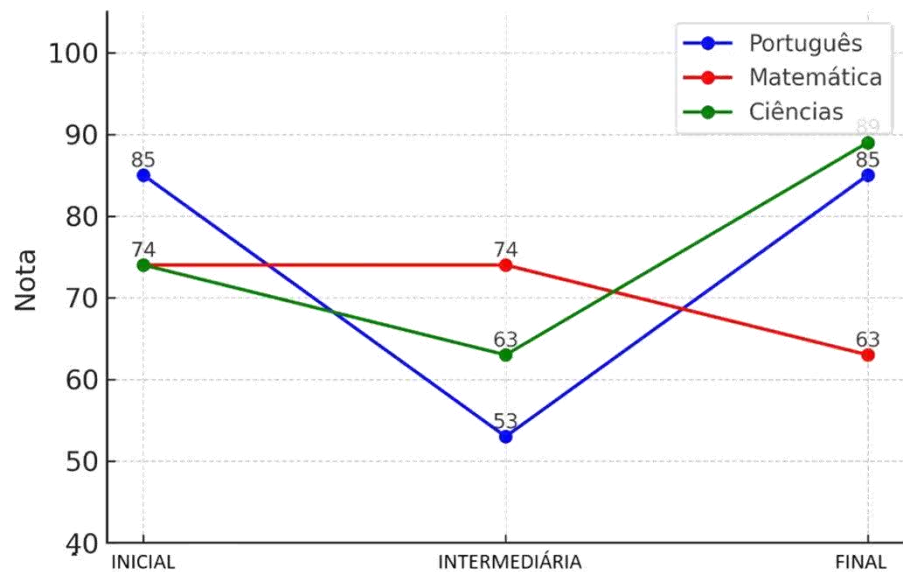
Vale salientar que a escola trabalha com três períodos avaliativos. De modo geral, as notas dos boletins foram: 1ª Etapa: 16/01 a 30/04; 2ª Etapa: 02/05 a 30/08; 3ª Etapa: 02/09 a 29/11.

4.1.2.2 Alunos neurotípicos

Ao analisar o desempenho acadêmico dos alunos neurotípicos participantes 1 e 2 ao longo das três etapas percebemos resultados distintos do treinamento aplicado. Na disciplina de língua portuguesa percebemos que o participante 1 teve uma evolução na nota intermediária, mas teve uma leve queda na nota final, em contrapartida o participante 2 teve uma queda na nota intermediária, mas se recuperando logo em seguida na nota final.

Observamos que na disciplina de matemática o participante 1 teve uma melhoria significativa com um aumento de 3 pontos na nota final em relação a nota inicial, enquanto o participante o 2 não apresentou uma evolução satisfatória mantendo-se estável na nota inicial e intermediária e apresentando uma queda na nota final.

Em ciências, foi observado um crescimento expressivo em ambos os participantes, sugerindo que a exposição aos jogos baseados em lógica pode ter contribuído para uma melhor assimilação de conceitos científicos. O primeiro observa-se uma leve queda na nota intermediária, mas depois apresentou um crescimento significativo, chegando a 95 pontos na nota final (ver gráfico 1). Já segundo participante começou com uma inicial de 74 pontos, obtendo uma instabilidade na nota intermediária e uma final de 89 pontos, indicando uma evolução mais significativa em relação ao primeiro participante (ver gráfico 2).

Gráfico 1 – Participante 1**Gráfico 2 – Participante 2**

Para aluno 1, é provável que o treinamento tenha fortalecido habilidades cognitivas já presentes, servindo como um recurso complementar para consolidar conteúdos e melhorar o desempenho acadêmico. A melhoria na disciplina de matemática, pode indicar que esses tipos de jogos, ao exigir resolução de problemas e raciocínio lógico, contribuíram para a ampliação dessas competências. Da mesma forma, os avanços em ciências apresentados pelos participantes sugerem que eles conseguiram manter um nível mais estável de atenção ao longo das atividades relacionadas e essa disciplina, favorecendo a compreensão de conteúdos

experimentais e teóricos. Portanto, devido à variabilidade dos resultados, não é possível afirmar conclusivamente os efeitos positivos do treinamento via ICC para este grupo, considerando apenas a variável desempenho acadêmico (nota).

4.1.2.2 Alunos com TEA

A análise do desempenho acadêmico dos participantes 3, 4 e 5 ao longo das três etapas revelou padrões distintos entre eles. Os participantes 4 e 5 obtiveram um alto nível de desempenho em todas as disciplinas avaliadas. O participante 3, por sua vez, apresentou estabilidade em duas disciplinas, o que pode indicar possíveis dificuldades específicas nessas áreas do conhecimento. Mesmo assim é possível afirmar que houve melhorias em dois participantes (ver Gráficos, 4 e 5). As evoluções observadas em disciplinas que exigem lógica e concentração, com matemática e ciências, indicam que o treinamento contribuiu para o fortalecimento de habilidades cognitivas fundamentais. Além disso, a melhora em português indica avanços na organização e compreensão da linguagem. Esses avanços podem, sim, estar associados ao treinamento realizado, uma vez que indicam o desenvolvimento de estratégias mais eficazes para a retenção de conceitos e a organização da informação.

Na disciplina de português, percebemos um avanço notável nos três participantes, o participante 3 manteve um desempenho satisfatório ao longo das três etapas (93, 88 e 97), o que reforça seu domínio consolidado da disciplina, ainda que com variações pontuais. O participante 4 começou com uma nota inicial de 63 pontos, alcançando 87 pontos na segunda avaliação e finalizando com 85 pontos na terceira nota, o que representa uma melhoria expressiva de 22 pontos em relação a nota intermediária. O participante 5 também apresentou evolução satisfatória, indo de 84 na inicial para 74 na intermediária e, finalmente, para 93 na nota final, com um aumento significativo de 19 pontos entre a segunda e terceira avaliação.

Analisando os rendimentos na disciplina de matemática, o participante 3 manteve-se praticamente estável com notas (96, 95 e 96) durante o percurso (ver gráfico 3). O participante 4, iniciou com uma nota inicial de 54 pontos, avançou para 82 pontos na nota intermediária e caindo para 79 pontos na nota final, isso sugere que, apesar de uma possível dificuldade na nota final, o processo formativo contribuiu para um crescimento expressivo de 25 pontos entre a nota inicial e final (ver gráfico 4). O participante 5 apresentou um crescimento contínuo nas três etapas avaliadas (ver gráfico 5), com notas de 82 inicial, 84 intermediária e 95 final, o que demonstra progressão consistente nas habilidades lógico-matemáticas.

As análises da disciplina de ciências mostram quem houve crescimentos significativos para dois participantes ao longo das três etapas avaliadas, o participante 5 evoluiu de 82 pontos na nota inicial para 100 pontos na nota final (ver gráfico 5), atingindo o desempenho máximo de 18 pontos. O participante 4 também demonstrou melhora relevante, começou com uma inicial de 48 pontos, elevou seu desempenho para 71 pontos e uma nota final de 82 pontos (ver gráfico 4), evidenciando um crescimento de 34 pontos em relação a nota inicial. Já o participante 3 manteve-se teve um rendimento considerado estável entre a nota inicial e a final (89, 86 e 89), reafirmando sua consistência e estabilidade cognitiva nessa área do conhecimento. (ver gráfico 3)

Gráfico 3 – Participante 3

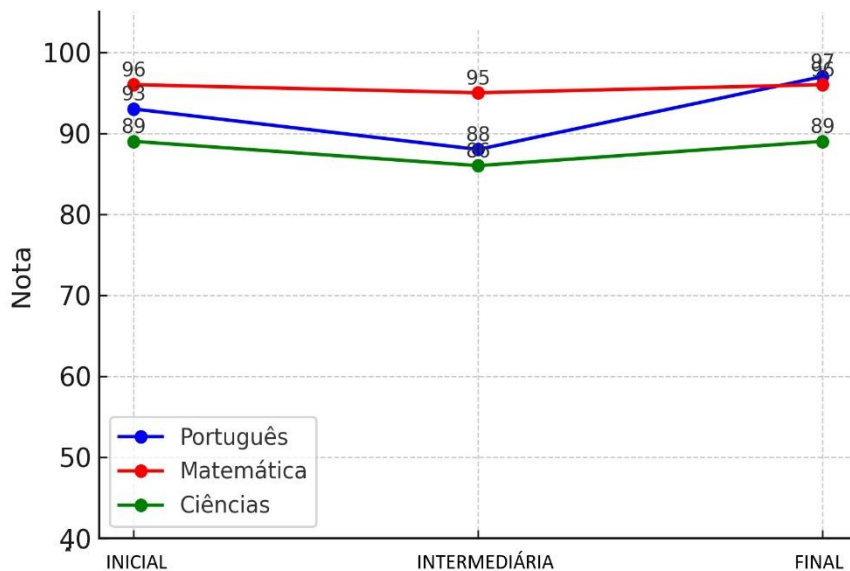


Gráfico 4 – Participante 4

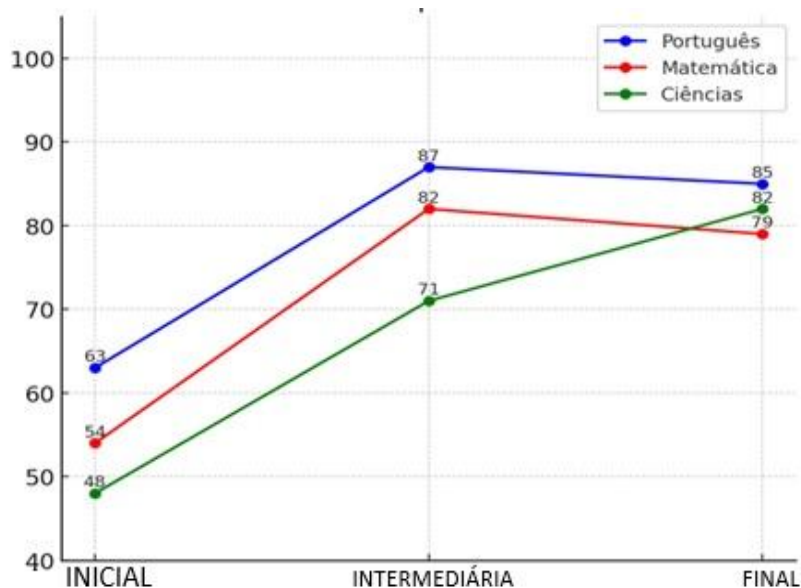
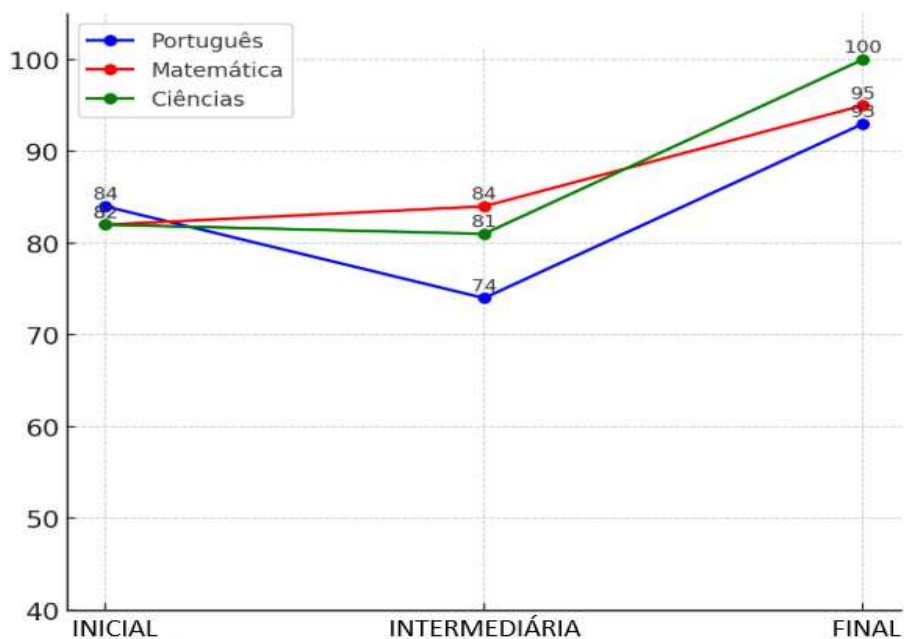


Gráfico 5 – Participante 5



A repetição sistemática e a estrutura previsível dos jogos utilizados podem ter favorecido a assimilação dos conteúdos científicos, ao permitir que os alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) estabelecessem associações mais claras e consistentes entre teoria e prática. Isso reforça que as intervenções pedagógicas intencionais e bem estruturadas impactam diretamente no processo de aprendizagem.

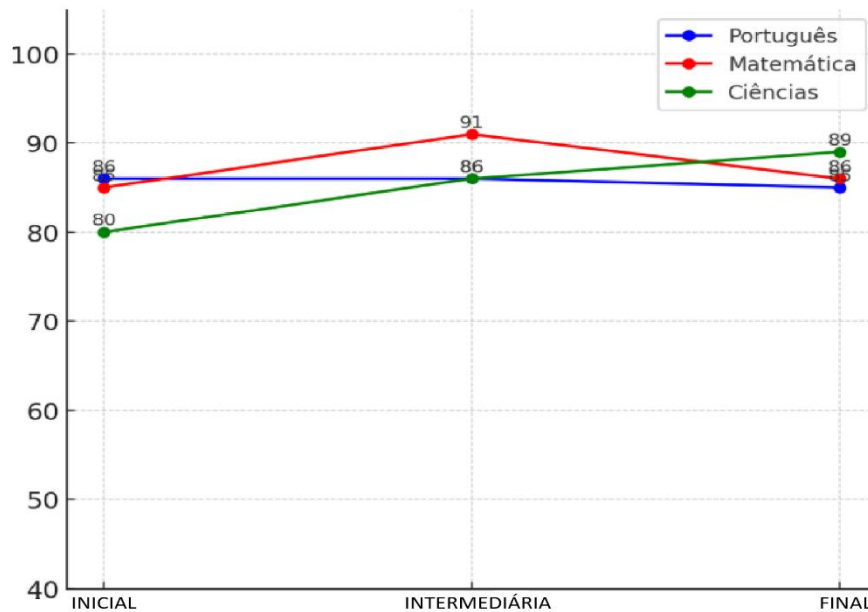
4.2. Alunos com TDAH

O participante 6, diagnosticado com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), demonstrou um padrão de estabilidade com leves variações, sem evidência de uma melhoria progressiva e contínua (ver gráfico 6). Ainda assim, os resultados obtidos mantêm-se em um patamar satisfatório em todas as avaliações, o que, considerando o diagnóstico de TDAH, já constitui um indicativo relevante de autorregulação e constância no rendimento escolar. Isso sugere que a ferramenta teve um impacto positivo em seu desempenho acadêmico indicando uma melhora na capacidade de atenção sustentada e no controle de impulsividade, desafios comuns para indivíduos com esse diagnóstico.

Embora o participante 6 não tenha apresentado uma evolução progressiva linear, os dados revelam uma estabilidade significativa e um desempenho satisfatório em todas as disciplinas. Para um estudante com diagnóstico de TDAH, esse padrão pode ser interpretado como um avanço qualitativo importante, especialmente no que se refere à manutenção da

atenção. A constância observada sugere que a ferramenta utilizada no treinamento pode ter atuado como um elemento regulador do comportamento atencional, criando um ambiente estruturado e previsível que favorece a concentração e o engajamento com as tarefas acadêmicas.

Gráfico 6 – Participante 6



4.2.1 Feedback dos pais

Os dados foram coletados por meio de questionários enviados a todos os participantes da pesquisa, visando avaliar a percepção dos pais. Apenas cinco responderam. Entre os indicadores mais relevantes, podemos destacar que todos os pais relataram perceber melhorias na concentração e no foco durante as atividades escolares (ver tabela 3). Para o participante 6, que apresenta TDAH, e o participante 3, diagnosticado com TEA, os pais observaram que os filhos estavam mais organizados e capazes de completar tarefas sem interrupções constantes, como podemos observar nas respostas da questão 2: *“Seu filho tem demonstrado maior capacidade de concluir tarefas escolares ou de casa com menos distrações?”*. A resposta dada foi *“olha, as tarefas de casa estão sendo feitas com maior tempo hábil e maior atenção e percebi mais concentração nos primeiros 10 e 20 minutos.”*

Tabela 3 - Feedback dos pais

ALUNO	Concentração Melhorada	Socialização Melhorada
Participante 1	VERDADEIRO	FALSO
Participante 2	VERDADEIRO	VERDADEIRO
Participante 3	VERDADEIRO	VERDADEIRO
Participante 4	VERDADEIRO	VERDADEIRO
Participante 5	VERDADEIRO	VERDADEIRO
Participante 6	VERDADEIRO	VERDADEIRO

Os pais dos alunos com TEA, participantes 3, 4 e 5, e o participante 2 neurotípico, relataram avanços significativos nas interações sociais e na capacidade de se comunicar com os outros (ver tabela 2). Na pergunta 4: *“Após o treinamento, você notou melhoria no comportamento do seu filho em casa ou em outros ambientes sociais?”*, tivemos as seguintes respostas: *“O aluno tem estado mais sociável com outras pessoas, especialmente com crianças. Outro pai/responsável respondeu “ele está bem mais desenvolvido socialmente, se comunicando melhor, cumprimentando as pessoas sem precisar dos pais mandarem. Está mais simpático e falante...”*

Isso sugere que o treinamento teve um impacto mais direcionado em habilidades específicas que são frequentemente desafiadoras para alunos com TEA. Os relatos de maior tranquilidade em casa e maior interesse pelos estudos reforçam a ideia de que o treinamento teve efeitos positivos não apenas no ambiente escolar, mas também no contexto família, como podemos perceber na resposta da questão 9: *“De forma geral, você acredita que o treinamento com jogos BCI beneficiou o desenvolvimento educativo e comportamental do seu filho?”*, a resposta dada foi *“o aluno é uma outra criança mais desenvolvida cognitivamente, mais paciente, calma, sorridente, falante, enfim é uma outra criança mais fácil de lidar.”*

Os questionários respondidos pelos pais ofereceram uma perspectiva valiosa sobre os efeitos do treinamento no ambiente familiar. Foi possível identificar melhorias significativas na concentração e no foco dos alunos durante os estudos, assim como no comportamento social e emocional dentro de casa. Em situações práticas, como organização, atenção e controle de impulsos, os pais relataram avanços notáveis, o que reforça o impacto positivo da intervenção no desenvolvimento de habilidades essenciais para a rotina acadêmica e pessoal.

4.2.2 Feedback dos Professores

Além do questionário aplicado aos responsáveis, também foi elaborado um instrumento para verificar a percepção das professoras responsáveis pelas turmas. Os docentes relataram uma participação mais ativa e uma atenção mais consistente durante as aulas, além de melhorias significativas nas relações interpessoais entre os alunos e seus colegas e professores, especialmente entre os alunos com TDAH e TEA (Tabela 3). O Participante 6, por exemplo, foi descrito como mais engajado nas atividades escolares, demonstrando maior controle emocional e capacidade de seguir instruções o que se confirma pelas respostas abaixo dada pelo professor da turma.

Na pergunta 5: *“O aluno demonstrou maior facilidade em lidar com frustrações ou desafios em sala de aula após o treinamento?”*, a resposta dada foi *“eu vi que ele conseguiu lidar melhor com suas emoções.”*

Na pergunta 10: *“De modo geral, quão benéfico você considera o treinamento com jogos BCI para a melhoria da aprendizagem do aluno?”*, tivemos como resposta *“depois do treinamento, os alunos voltaram mais concentrados”*.

No caso dos participantes 3, 4 e 5, os professores relataram avanços marcantes na comunicação com colegas e professores. Analisando suas respostas, verificamos que o treinamento via ICC trouxe melhorias para a aprendizagem.

Na pergunta 3: *“Após o treinamento com jogo controlado pela BCI, você notou uma melhoria significativa no foco do aluno durante as atividades escolares?”*, a resposta foi *“o que eu percebi foi que ele ficou mais focado... conseguiu sentar e concentrar”*.

Na pergunta 4: *“Houve uma mudança positiva no comportamento do aluno após o treinamento com jogos BCI?”*, a resposta foi *“o aluno está participando mais das aulas”*.

Esses alunos, que antes apresentavam dificuldades em se expressar ou interagir de forma consistente, passaram a demonstrar maior interesse em colaborar e compartilhar ideias. Além disso, foi observado um aumento na confiança desses estudantes ao participar de atividades em grupo, contribuindo de maneira mais ativa no ambiente escolar. Para os participantes neurotípicos, os professores observaram estabilidade nos comportamentos, com algumas melhorias em áreas como organização e entrega de tarefas como podemos observar na resposta da pergunta 6: *“O treinamento com jogos BCI influenciou positivamente no comportamento em grupo do aluno?”*, a resposta foi *“sim, melhorou bastante”*.

Apesar de menos perceptíveis, essas mudanças refletem o potencial do treinamento para reforçar habilidades acadêmicas e comportamentais de maneira geral, contribuindo para o

desenvolvimento integral dos alunos. Isso demonstra como a prática contínua pode fortalecer não apenas o desempenho escolar, mas também a autonomia e a confiança dos estudantes.

TABELA 4 - Feedback dos professores

ALUNO	PARTICIPAÇÃO EM AULA	RELAÇÃO INTERPESSOAL
Participante 1	BOA	NORMAL
Participante 2	BOA	NORMAL
Participante 3	MELHORADA	MELHORADA
Participante 4	MELHORADA	MELHORADA
Participante 5	MELHORADA	MELHORADA
Participante 6	MELHORADA	MELHORADA

4.3 Análise das ondas cerebrais

A análise das ondas cerebrais foi conduzida com o objetivo de compreender como a atenção média diária dos alunos variou ao longo do treinamento com a interface cérebro-computador (ICC). A partir da coleta de dados contínua ao longo das sessões, buscou-se identificar padrões de melhora, estabilidade ou ausência de efeito, permitindo avaliar com precisão o impacto da intervenção sobre o desempenho atencional dos participantes.

Para essa investigação, utilizou-se um modelo estatístico misto com intercepto aleatório, o que possibilitou considerar não apenas a tendência geral da turma, mas também as variações individuais de cada aluno. Isso se mostrou essencial, uma vez que cada estudante apresenta um ritmo próprio de desenvolvimento e adaptação às atividades propostas pelo treinamento. Como esperado, alguns participantes demonstraram uma melhora significativa e progressiva na atenção, enquanto outros mantiveram níveis de concentração relativamente estáveis ao longo do tempo. A Tabela 1 sintetiza os coeficientes de variação para cada aluno, indicando se houve uma tendência positiva estatisticamente significativa ou apenas uma leve oscilação sem relevância estatística.

4.3.1 Resultados Principais

A análise estatística revelou uma tendência geral de aumento da atenção média diária ao longo do tempo, confirmando que a intervenção contribuiu para aprimorar o foco dos alunos. No entanto, a magnitude desse efeito não foi uniforme entre todos os participantes, sugerindo que fatores individuais podem ter influenciado o resultado. Ao analisar os dados de forma mais segmentada, foi possível categorizar os alunos em três grupos distintos:

4.3.1.2 Alunos com tendência estatisticamente significativa de melhora na atenção:

Participante 1 e Participante 6 apresentaram crescimento constante e estatisticamente relevante na atenção média diária, indicando uma evolução progressiva na capacidade de manter o foco durante as atividades. Esses alunos demonstraram um aumento gradual na concentração ao longo das sessões, reforçando a hipótese de que o treinamento contribuiu diretamente para o fortalecimento dessas habilidades.

4.3.1.3 Alunos com tendência positiva, mas não estatisticamente significativa:

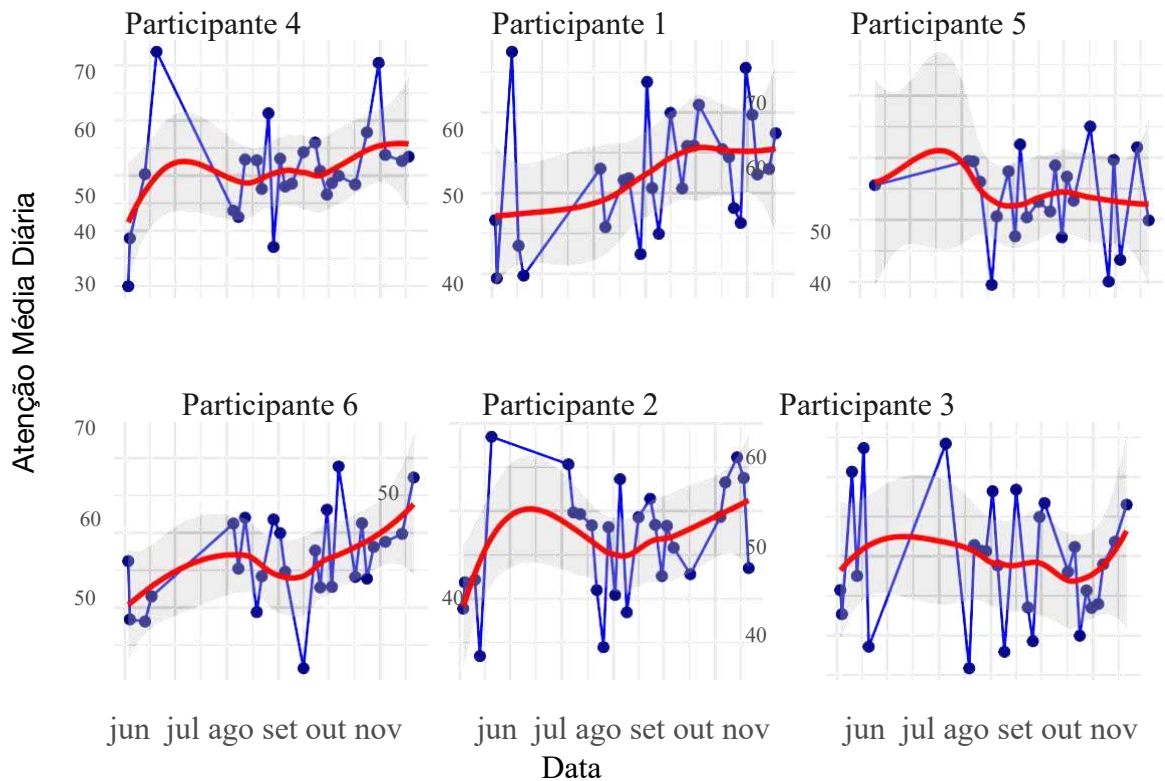
Participante 4 e Participante 2 apresentaram uma leve melhora nos níveis de atenção, mas sem que os resultados atingissem um nível de significância estatística robusto ($p > 0.05$). Embora esses alunos tenham demonstrado um aumento na capacidade de concentração, o efeito pode ter sido influenciado por variáveis externas, como diferenças no ritmo de aprendizado, níveis de motivação e fatores ambientais.

4.3.2 Alunos sem variações estatisticamente significativas na atenção:

Participante 5 e Participante 3 mantiveram níveis de atenção relativamente estáveis durante todo o treinamento. Isso sugere que, para esses alunos, a intervenção não foi suficiente para gerar um impacto perceptível na capacidade de concentração, ou que fatores individuais, como dificuldades específicas de aprendizado, possam ter influenciado essa estabilidade.

Observe nos gráficos abaixo a evolução da atenção média diária dos alunos ao longo do treinamento por meio dos jogos cognitivos, essa análise nos permite uma compreensão mais detalhada das tendências comportamentais apresentadas.

Gráfico 7 – Atenção Média Diária ao Longo do Tempo por Usuário e ajuste com L



4.3.3 Modelagem Estatística

Para garantir a confiabilidade da análise, foi utilizado um modelo misto, uma técnica estatística adequada para dados coletados ao longo do tempo e para medições repetidas dentro de um mesmo grupo de indivíduos. Essa abordagem permitiu acompanhar o comportamento da atenção ao longo das sessões e identificar padrões individuais sem perder de vista a tendência geral da turma.

Os resultados demonstraram que o modelo conseguiu capturar variações importantes no desempenho atencional dos alunos, mostrando que a intervenção teve um efeito positivo para alguns participantes e um impacto neutro para outros. No entanto, é importante ressaltar que existem outras variáveis que podem influenciar a atenção, como fatores emocionais, ambientais e diferenças na adaptação ao uso da tecnologia.

O gráfico de resíduos, que avalia a qualidade do ajuste do modelo estatístico, mostrou que os valores estão distribuídos de maneira homogênea, o que indica que o modelo utilizado é adequado para interpretar os dados com precisão.

Gráfico de Resíduos vs. Valores Ajustados

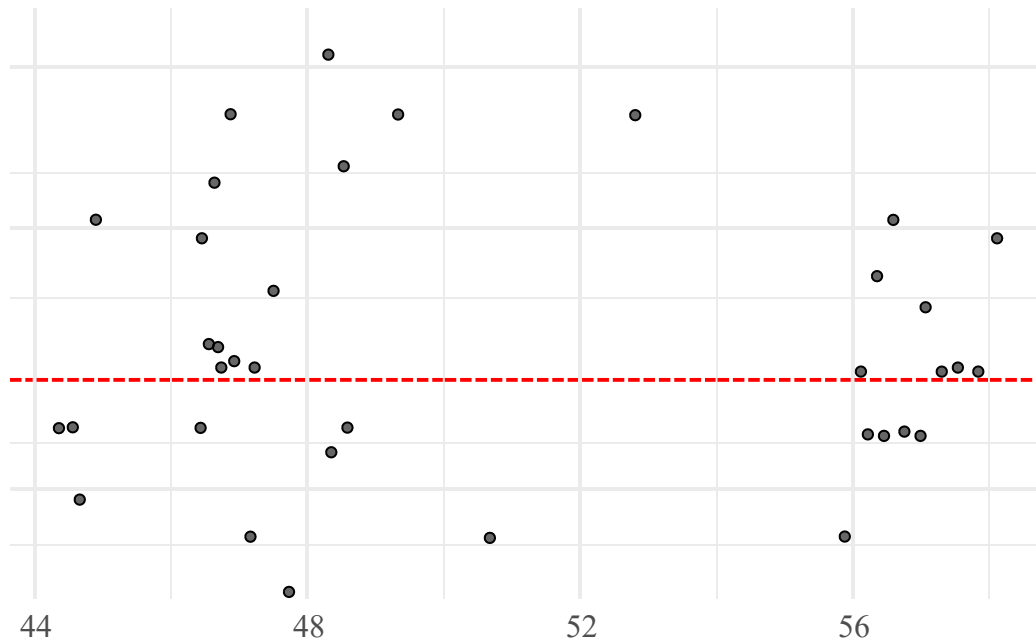


Gráfico 08 - Valores Ajustados

Os achados desta análise indicam que, para alguns alunos, o treinamento com ICC teve um impacto positivo e estatisticamente significativo na atenção média diária, reforçando o potencial dessa tecnologia como ferramenta para o aprimoramento cognitivo. No entanto, a variabilidade entre os participantes evidencia a importância de considerar características individuais ao avaliar a eficácia da intervenção, uma vez que fatores como motivação, envolvimento e ritmo de aprendizado podem influenciar os resultados finais.

Além disso, os dados sugerem que a interface cérebro-computador pode ser especialmente benéfica para alunos que já possuem um certo nível de controle atencional, mas que precisam fortalecer essa habilidade. Para alunos que não demonstraram melhora significativa, pode ser necessário um período maior de treinamento ou a combinação da ICC com outras estratégias pedagógicas, a fim de potencializar os efeitos do programa.

A análise estatística, fundamentada no uso de modelos mistos, mostrou-se essencial para compreender as diferenças individuais e garantir uma interpretação mais robusta dos resultados. A inclusão de gráficos e tabelas contribuiu para uma melhor visualização dos padrões observados, facilitando a interpretação dos dados e permitindo um entendimento mais profundo do impacto do treinamento na atenção dos alunos.

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos ao longo deste estudo reforçam a relevância do treinamento com jogos controlados via Interface Cérebro-Computador como um recurso pedagógico inovador para aprimorar o desempenho acadêmico e o desenvolvimento socioemocional dos alunos. A análise dos boletins escolares revelou progressos consistentes em disciplinas que exigem concentração e raciocínio lógico, como Matemática e Ciências. Além disso, os questionários respondidos por pais e professores evidenciaram percepções positivas sobre o impacto do treinamento na participação dos alunos e na interação social, especialmente entre aqueles com TDAH e TEA.

A literatura corrobora esses achados, subjacentes aos ICCs, quando aplicados ao contexto educacional, sugeridos para a melhoria da atenção, das habilidades sociais e da reorganização da rede funcional do cérebro (Costa *et al.*, 2021). Estudos recentes como a revisão sistemática de Andreou e Argatzopou (2024) mostraram que a ICC pode melhorar habilidades linguísticas e de aprendizagem. Não obstante, Papanastasiou (2020) também mostrou a eficácia da ICC para melhoria do comportamento dos estudantes em sua revisão.

Essas melhorias foram mais expressivas entre os estudos divulgados com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtorno do Espectro Autista (TEA), que trouxeram os maiores benefícios com o treinamento. Estudos indicam que a ICC, ao associar jogos interativos e neurofeedback, auxilia alunos com TDAH no desenvolvimento do controle da atenção e da impulsividade, impactando positivamente sua capacidade de concentração e aprendizado (Costa, 2023).

Neste estudo o aluno diagnosticado com TDAH obteve avanço significativos na atenção sustentada e no controle da impulsividade, refletindo no aumento das médias em Matemática e Ciências. A estrutura dos jogos, que exige foco contínuo e respostas controladas, foi um fator essencial para essa melhoria. Uma pesquisa de Friedrich *et al.* (2014) destaca que o treinamento baseado em ICCs pode modular as atividades envolvidas por meio do neurofeedback, fortalecendo as conexões neurais associadas à atenção e ao processamento de informações.

No caso dos alunos com TEA, o impacto positivo foi mais abrangente em disciplinas que envolvem lógica e estruturação sequencial do raciocínio, como Matemática e Ciências. O ambiente estruturado e a previsibilidade dos jogos facilitaram a assimilação dos conteúdos, permitindo que esses alunos estabelecessem relações mais organizadas entre teoria e prática. Além disso, os professores relatam avanços na participação dessas aulas nas atividades escolares, indicando que o treinamento fortaleceu habilidades sociais e de comunicação. Esse

achado está alinhado com os resultados apresentados por Oliveira *et al.* (2024), que apontam a ICC como ferramenta eficaz para a melhoria da cognição, da atenção e das habilidades sociais em crianças com TEA.

Entre os alunos neurotípicos, o impacto do treinamento foi mais sutil, mas ainda relevante. A análise das mídias indica que o uso da ICC auxiliou esses alunos nas bases de habilidades já existentes, promovendo uma melhoria moderada, porém constante, principalmente em Matemática e Ciências. Isso sugere que, embora o treinamento tenha maior efetividade para alunos com dificuldades específicas, ele também pode ser útil para aprimorar o aprendizado de maneira geral.

A percepção dos pais sobre os efeitos do treinamento reforça essa conclusão. Foram relacionadas melhorias na capacidade de concentração, organização e autonomia dos alunos, com destaque para aqueles com TDAH e TEA. Após o treinamento, os pais notaram que seus filhos demonstravam maior facilidade para organizar os estudos e apresentavam um comportamento mais disciplinado nas atividades escolares. Além disso, houve relatos de mudanças positivas no ambiente familiar, diminuindo que as habilidades adquiridas no treinamento foram direcionadas para outras áreas do cotidiano. Segundo Costa *et al.* (2021), os jogos com ICC favorecem a regulação emocional e o controle comportamental, permitindo o desenvolvimento de maior disciplina e autorregulação.

Os professores também destacaram que a participação e o engajamento dos alunos aumentaram após o treinamento com ICC. Relataram que os estudantes estavam mais atentos e menos propensos a distrações, o que facilitou o ensino e melhorou o rendimento acadêmico da turma. Esse efeito foi mais evidente entre os alunos com TDAH, que tradicionalmente apresentam dificuldades em manter o foco por períodos prolongados. Um exemplo marcante foi o relato de um professor sobre um aluno com TEA que antes sempre ficava descalço na sala de aula e, após o treinamento, passou a permanência acomodada, diminuiu um possível avanço no controle sensorial e na adaptação ao ambiente escolar.

A análise do desempenho acadêmico mostrou avanços distintos conforme a disciplina. Em Matemática, a melhoria foi a mais expressiva, indicando que os jogos estimularam o raciocínio lógico e a resolução de problemas. Os alunos com TEA, em particular, tiveram um aumento notável nas mídias dessa disciplina, possivelmente devido à estrutura sequencial dos conteúdos matemáticos.

Em português, os avanços foram mais discretos, mas ainda relevantes. A melhoria na interpretação de textos e na organização das ideias sugere que o treinamento pode ter ajudado os alunos a desenvolverem um raciocínio mais estruturado, beneficiando a leitura e a escrita. A

necessidade de seguir regras e sequências nos jogos pode ter certeza baseada na construção lógica das respostas nas atividades dessa disciplina.

Na disciplina de Ciências, os dados sugerem que o treinamento contribuiu para uma maior compreensão dos conceitos científicos e para a retenção do conhecimento. A prática repetitiva e a interatividade dos jogos podem ter facilitado a assimilação dos conteúdos, tornando o aprendizado mais dinâmico e eficaz. Os alunos com TDAH e TEA desenvolveram um crescimento especial nessa disciplina, possivelmente porque a ICC proporcionou um ambiente mais estruturado para a compreensão dos conceitos científicos, minimizando dificuldades de distração e processamento de informações. Esses achados reforçam pesquisas que indicam que o ICC, ao utilizar neurofeedback, contribui para a consolidação da memória e o aprimoramento do processamento cognitivo, especialmente em crianças com dificuldades de aprendizagem (Friedrich *et al.*, 2014).

Do ponto de vista pedagógico, os resultados sugerem que o ICC pode ser integrado ao ambiente escolar como uma ferramenta complementar ao ensino tradicional, especialmente para alunos com necessidades educacionais específicas. A possibilidade de personalizar os jogos de acordo com as demandas individuais dos estudantes representa um diferencial importante, permitindo que a tecnologia seja utilizada para fortalecer conteúdos e minimizar dificuldades de aprendizado.

Com base nos resultados, sugere-se que a ICC seja expandida para outros contextos educacionais, principalmente para disciplinas que envolvem lógica e experimentação, como Ciências e Tecnologia. A natureza interativa dos jogos pode tornar o ensino dessas áreas mais dinâmicas, favorecendo a compreensão e aplicação dos conteúdos.

5.1 Correlação entre os fatores comportamentais e a análise das ondas cerebrais

De modo geral, nossos resultados mostraram que o treinamento por meio de jogos cognitivos controlados por Interface Cérebro-Computador (ICC) pode ter um impacto positivo na atenção e no comportamento dos alunos, especialmente naqueles que demonstraram uma melhoria significativa em sua capacidade de concentração. Esses alunos, categorizados como possuindo uma tendência estatisticamente relevante de aumento na atenção, também mostraram avanços em seu desempenho acadêmico e em seu engajamento durante as aulas. Esta constatação sugere que a intervenção foi eficaz em aprimorar habilidades cognitivas essenciais, como o foco sustentado e a inibição de distrações, aspectos muito importantes para um aprendizado mais eficiente. Não obstante, a melhoria na atenção foi acompanhada por

avaliações positivas por parte de pais e professores. Isso indica que os benefícios alcançados podem ter ultrapassado o desempenho acadêmico e mostra que houve melhoria também na socialização e a participação dos alunos em sala de aula.

Entretanto, um aspecto que chamou muita atenção foi a heterogeneidade na eficácia do treinamento entre os participantes. Verificamos diferenças individuais que evidenciam que fatores pessoais podem ter influenciado nos resultados obtidos. Supomos que a presença de dificuldades específicas de aprendizado, níveis variados de motivação ou diferentes condições ambientais tenham afetado a resposta ao treinamento, fazendo com que alguns alunos apresentassem somente uma leve melhoria na atenção, sem alcançar significância estatística, enquanto outros mantiveram níveis de concentração estáveis no decorrer desse estudo. Essas variações enfatizam a importância de considerar as particularidades de cada aluno quando se implementa intervenções e estratégias educacionais. Isso também sugere que abordagens personalizadas podem ser importantes para potencializar os benefícios desse treinamento específico.

Sob essa perspectiva, a correlação positiva entre o aumento na atenção e a melhoria no desempenho acadêmico e no comportamento reforçou a hipótese de que para o êxito escolar, a capacidade de manter o foco é um fator-chave. Alunos que demonstraram um crescimento consistente na atenção experimentaram melhorias significativas em disciplinas como português, matemática e ciências, além de um maior engajamento nas atividades escolares. Essa relação corroborou as avaliações dos pais destes alunos, os quais relataram melhorias na concentração e, em alguns casos, na socialização dos filhos. Do mesmo modo, os professores observaram um aumento na participação e interação em sala de aula por parte dos alunos investigados.

Por outro lado, a ausência de uma correlação uniforme entre todos os participantes indica que a atenção é essencial, mas não é o único fator que determina desempenho acadêmico. Alunos que não demonstraram variações significativas na atenção ainda assim evidenciaram progressos em determinadas disciplinas ou comportamentos, sugerindo que outros fatores sociais e estruturais como motivação, apoio familiar e métodos de ensino, também desempenham um papel significativo. Essa situação demonstra o quão complexo é o processo de aprendizagem e a necessidade de diferentes abordagens para enfrentar os desafios no âmbito da educação.

Ademais, a pesquisa revelou que o impacto do treinamento pode ser mediado por fatores externos, como o ambiente escolar e as condições socioeconômicas. Por exemplo, em nosso estudo, os alunos que receberam maior suporte dos docentes ou que tinham acesso a recursos

educacionais adicionais, podem ter se beneficiado de maneira mais significativa da intervenção. Isso reforça a noção de que a implementação de tecnologias inovadoras, como a Integração de Cérebro Computadorizado (ICC), deve ocorrer em um contexto favorável à aprendizagem, com profissionais qualificados e infraestrutura adequada. Quando isso não ocorre, pode haver um impacto negativo no treinamento.

Finalmente, os resultados do estudo ressaltam o potencial da utilização de tecnologias de neurofeedback e ICC no âmbito educacional, especialmente para alunos que possuem dificuldades relacionadas à concentração. Apesar das variações individuais observadas, a intervenção se mostrou promissora na melhoria da atenção, do desempenho acadêmico e do comportamento dos alunos, proporcionando uma abordagem inovadora e personalizada para o ensino. Entretanto, é crucial levar em consideração os fatores individuais e contextuais que podem influenciar os resultados, assegurando que o treinamento seja adaptado às necessidades específicas de cada aluno.

Considerando as evidências levantadas neste estudo, recomenda-se que pesquisas futuras investiguem o impacto da ICC a longo prazo, avaliando a durabilidade dos efeitos observados e explorando novas formas de aplicação da tecnologia no ambiente escolar. Além disso, seria relevante analisar como diferentes tipos de jogos podem influenciar a aprendizagem de conteúdos específicos, permitindo um aprimoramento contínuo da ferramenta.

Por fim, os resultados deste estudo reforçam a importância da inovação tecnológica na educação, destacando o potencial do ICC como um recurso eficaz para melhorar o aprendizado e estimular o desenvolvimento integral dos alunos. A incorporação de metodologias interativas representa um avanço significativo na personalização do ensino, contribuindo para uma educação mais dinâmica, acessível e adaptada às necessidades individuais dos estudantes.

6 CONCLUSÃO

Os dados tratados neste artigo indicam que o treinamento através de jogos controlados via Interface Cérebro-Computador (ICC) alcançou o objetivo, com efeitos positivos na melhoria da atenção e da aprendizagem de estudantes do ensino fundamental anos iniciais. O estudo evidenciou que a tecnologia contribuiu para o desenvolvimento da concentração, do controle da impulsividade e da interação social, principalmente entre os alunos com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e com Transtorno do Espectro Autista (TEA), confirmando o potencial da tecnologia como ferramenta pedagógica inovadora no ambiente escolar.

Os resultados da comparação das notas mostraram avanços significativos nas notas de Matemática e Ciências, evidenciando que a ICC favorece o aprendizado de matérias que requerem raciocínio lógico e atenção. Além disso, as observações feitas pelos pais e os professores evidenciaram os progressos na organização, disciplina e interações sociais, confirmando que as melhorias superaram o desempenho acadêmico e alcançaram o desenvolvimento socioemocional. Também a acessibilidade e aplicabilidade da metodologia foram bem avaliadas pelos professores e pais dos alunos, mostrando que a ICC pode ser inserida no ambiente escolar de forma harmônica e bem recebida pelas pessoas envolvidas nos processos educacionais.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a continuidade e a ampliação do uso da interface cérebro-computador (ICC) em diversos contextos escolares, contemplando diferentes faixas etárias e modalidades de ensino. Além disso, é fundamental a realização de estudos que investiguem os efeitos do treinamento a longo prazo, avaliando sua durabilidade, impactos cognitivos e possíveis benefícios no desempenho acadêmico e comportamental dos alunos.

A adequação desta tecnologia para outras faixas etárias e para outros contextos educacionais como a educação especial e educação superior, pode trazer ganhos significativos à inclusão e à personalização do ensino, tornando a aprendizagem mais acessível e menos desigual. Dessa forma, a interface cérebro-computador (ICC) revela-se como uma ferramenta promissora para a modernização das práticas pedagógicas, abrindo novos horizontes para a melhoria do processo educativo e para o desenvolvimento integral dos estudantes. Ao integrar tecnologias inovadoras ao ambiente escolar, a ICC possibilita uma abordagem mais personalizada e interativa do ensino, potencializando a atenção e o engajamento dos alunos. Por fim, seu uso pode contribuir para a inclusão de estudantes com diferentes necessidades, promovendo a equidade educacional.

REFERÊNCIAS

- ALOISE, A . L. A. **A inclusão do deficiente auditivo e de surdos no Ensino médio integrado: desenvolvimento de um BLOG, como auxílio à prática docente.** 2021. 114 p. Dissertação (Mestrado – Educação Profissional e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica, Instituto Federal de Educação da Paraíba, João Pessoa, 2021.
- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, A. P. *et al.* **Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-IV.** Washington, DC: American psychiatric association, 1994.
- ANDREOU, G.; ARGATZOPOULOU, A. A systematic review on the use of technology to enhance the academic achievements of children with attention deficit hyperactivity disorder in language learning. **Research in Developmental Disabilities**, Thessaly, v. 145, p. 104666, 2024.
- ARNS, M. *et al.* Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. **Clinical EEG and neuroscience**, Nijmegen, v. 40, n. 3, p. 180-189, 2009.
- BAYLOR, A. L. *et al.* Supporting learners with math anxiety: The impact of pedagogical agent emotional and motivational support. *In: WORKSHOP SOCIAL AND EMOTIONAL INTELLIGENCE IN LEARNING ENVIRONMENTS*, 2004, Florida. **Anais [...]**. Florida: Florida State University, 2004, p. 1-9.
- BARKLEY, R. A. **Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade – TDAH – Guia Completo para pais e professores e profissionais da saúde**, Porto Alegre: Artmed, 2002.
- BASTOS, J. A. **O cérebro e a matemática.** São Paulo: Edição do Autor, 2008.
- BEHZADI, F.; RAHIMI, C.; MOHAMMADI, N. The effect of neurofeedback on mathematical calculation ability in primary school students with dyscalculia. **Journal of Exceptional Children**, Shiraz, v. 15, n. 3, p. 5-18, 2015.
- BERNARDI, J. **Discalculia: o que é? Como intervir?** Paco Editorial, 2014.
- BONI, A. C. M. *et al.* O desenvolvimento da atenção e da memória na Educação Infantil. **European Academic Research Journal**, São Paulo, v. 7, n. 11, 2020.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: matemática.** 3. ed. Brasília: MEC/SEF, 2001.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em Leitura, Matemática e Ciências no Brasil.** Brasília: MEC. 2019. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/83191-pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil>. Acesso: 20 nov. 2023.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília: SEF/MEC. 1998. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/matematica.pdf>. Acesso: 20 jul. 2023.

BRETELER, M. H. M *et al.* Improvements in spelling after QEEG-based neurofeedback in dyslexia: A randomized controlled treatment study. **Applied Psychophysiology and Biofeedback**, Nijmegen, v. 35, p. 5-11, 2010.

CARMO, J. S.; SIMIONATO, A. M. Reversão de ansiedade à matemática: alguns dados da literatura. **Psicologia em estudo**, São Carlos, v. 17, p. 317-327, 2012.

CAVALCANTE, M. V. *et al.* Estimulação cognitiva e aprendizagem infantil: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, Maceió, v. 6, n. 6, p. 41981-41990, 2020.

CECÍLIO, J. *et al.* ICC framework based on games to teach people with cognitive and motor limitations. **Procedia Computer Science**, Coimbra, v. 83, p. 74-81, 2016.

CHEN, C.; HUANG, S. Web-based reading annotation system with an attention-based self-regulated learning mechanism for promoting reading performance. **British Journal of Educational Technology**, Taipei, v. 45, n. 5, p. 959-980, 2014.

CHEN, C.; WU, C. Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. **Computers & Education**, Taipei, v. 80, p. 108-121, 2015.

CÓRDOVA, F. M. *et al.* Identifying problem solving strategies for learning styles in engineering students subjected to intelligence test and EEG monitoring. **Procedia Computer Science**, Santiago, v. 55, p. 18-27, 2015.

COSTA, N. M. G. B. **Aplicações de jogo de interface cérebro-computador para tratamento combinado de neurofeedback e biofeedback para crianças dentro do espectro do autismo**. 2023. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2023.

COSTA, N. M. G. B. **Uso de Interface Cérebro-Computador e Jogo Digital na Avaliação de Aspectos Cognitivos de Estudantes do Ensino Fundamental com TDAH**. 2023. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Educacional) - Universidade Federal do Ceará, Instituto Universidade Virtual, Fortaleza, 2023.

COSTA, N. M. G. B.; MARÇAL, E.; CARVALHO, M. M. Uso de interfaces cérebro-computador em crianças com TDAH: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, Fortaleza, v. 7, e51110716929, 2021.

CRUZ, T. F. C. Dislexia e a dificuldade na aprendizagem. **Revista Mythos**, Sorocaba, v. 12, n. 2, p. 87-93, 2019.

DAS, J. P. Attention checklist. **Unpublished paper, JP Das Developmental Disabilities Centre**, Edmonton, 1986.

DE-NARDIN, M. H.; SORDI, R. O. Um estudo sobre as formas de atenção na sala de aula e suas implicações para a aprendizagem. **Psicologia & Sociedade**, Porto Alegre, v. 19, p. 99-106, 2007.

DIXON, P.; BORTOLUSSI, M. Construction, integration and digression in reading.

Canadian Journal of Experimental Psychology, Toronto, v. 67, n. 1, p. 1-10, 2013.

FONTELLES, M. J. *et al.* Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista Paraense de Medicina**, Belém, v. 23, n. 3, 2009.

FRIEDRICH, E. V. C. *et al.* An effective neurofeedback intervention to improve social interactions in children with autism spectrum disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 45, p. 4084-4100, 2015.

FRIEDRICH, E. V. C. *et al.* Brain-computer interface based communication in the locked-in state. **Frontiers in Neuroscience**, Tübingen, v. 8, p. 136, 2014.

GIL, R. **Neuropsicologia**. 2. ed. São Paulo: Livraria Santos Editora, 2005.

GOMES, M. S.; SILVA, M. J. F. Gamificação: uma estratégia didática fundamentada pela perspectiva da teoria das situações didáticas. **Horizontes-Revista de Educação**, São Paulo, v. 6, n. 11, p. 18-30, 2018.

GUZZO, R. S. L. **Dificuldades de aprendizagem**: modalidade de atenção e análise de tarefas em materiais didáticos. 1987. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

HYSONG, S. J. *et al.* Improving quality of care through improved audit and feedback. **Implementation Science**, Houston, v. 7, p. 1-10, 2012.

HERNÁNDEZ, E. D. **Neurofeedback como tratamiento para el trastorno por deficit de atención (TDA)**. 2015. Tese (Doutorado em Neurociência) – Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2015.

HIDI, S. A re-examination of the role of attention in learning from text. **Educational Psychology Review**, Toronto, v. 7, p. 323-350, 1995.

ILGAZ, H.; ALTUN, A.; AŞKAR, P. The effect of sustained attention level and contextual cueing on implicit memory performance for e-learning environments. **Computers in Human Behavior**, Ancara, v. 39, p. 1-7, 2014.

JAMISON, J.; LEE, Y.; CONNOLLY, P. M. Examining the Impact of Neurofeedback on Academic Performance and Behavioral Issues in Students with Autism Spectrum Disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, Perth, v. 50, n. 3, p. 855-865, 2020.

JESUS, A. G. **A motivação para aprender matemática no 9º ano do ensino fundamental: um estudo do potencial dos materiais manipulativos e da construção de objetos na aprendizagem de área de polígonos e volume de prismas**. 2011. 314 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2011.

KHOSRORAD, R.; KOOHBANANI, S. S. The effectiveness of Neurofeedback training on the executive functions of students with mathematical disabilities (dyscalculia). **Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences**, Sabzevar, v. 4, S3, p. 870-876, 2014.

KOUIJZER, M. E. J. *et al.* Long-term effects of neurofeedback treatment in autism. **Research in Autism Spectrum Disorders**, Nijmegen, v. 3, n. 2, p. 496-501, 2009.

- LARSEN, S.; SHERLIN, L. Neurofeedback: an emerging technology for treating central nervous system dysregulation. **Psychiatric Clinics**, Nova York, v. 36, n. 1, p. 163-168, 2013.
- LEBEDEV, M. A.; NICOLELIS, M. A. L. Brain-machine interfaces: past, present and future. **TRENDS in Neurosciences**, Durham, v. 29, n. 9, p. 536-546, 2006.
- LIN, C. *et al.* A novel method for concentration evaluation of reading behaviors with electrical activity recorded on the scalp. **Computer Methods and Programs In Biomedicine**, Taiwan, v. 114, n. 2, p. 164-171, 2014.
- LOPES, L. A.; ALVES, S. F. S. Neurofeedback no tratamento do transtorno de deficit de atenção e hiperatividade. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Imperatriz, v. 27, n. 5, p. 3091-3102, 2023.
- MARÇAL, E. *et al.* Neurofeedback and brain-computer interface: development and evaluation of a game designed to help in the detection of ADHD. **Research, Society and Development**, Fortaleza, v. 11, n. 12, p. e90111233752, 2022.
- MONASTRA, V. J.; MONASTRA, D. M.; GEORGE, S. The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. **Applied psychophysiology and biofeedback**, Nova York, v. 27, n. 4, p. 231-249, 2002.
- MONTENEGRO, M. A.; CELERI, E. H. R. V; CASELLA, E. B. **Transtorno do Espectro Autista-TEA: manual prático de diagnóstico e tratamento**. Thieme Revinter Publicações LTDA, 2018.
- NAZARI, M. A. *et al.* The effectiveness of neurofeedback training on EEG coherence and neuropsychological functions in children with reading disability. **Clinical EEG and neuroscience**, Tabriz, v. 43, n. 4, p. 315-322, 2012.
- OLIVEIRA, T. H. D. **Neurofeedback em alunos universitários para reduzir ansiedade**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2024.
- OLIVEIRA, A. M.; COSTA, L. Neurofeedback as a Promising Intervention for Enhancing Academic Performance: A Systematic Review. **Educational Psychology Review**, v. 34, n. 1, p. 53-78, 2022.
- OLIVEIRA, I. C. F *et al.* Enhancing Cognitive Skills in Students with Autism Spectrum Disorder through Game-based Brain-Computer Interface Training. **Global Journal of Human-Social Science: G Linguistics & Education**, Fortaleza, v. 1, 2024.
- PAPANASTASIOU, G. *et al.* Brain computer interface based applications for training and rehabilitation of students with neurodevelopmental disorders. A literature review. **Heliyon**, Neapoleos, v. 6, n. 9, 2020.
- REBELO, J. A. Estratégias para a Concentração. **Revista Portuguesa de Pedagogia**, v. 2, n. 3, p. 171-182, 1994.
- REBOLLEDO-MENDEZ, G. *et al.* Assessing neurosky's usability to detect attention levels in an assessment exercise. In: HUMAN-COMPUTER INTERACTION. NEW TRENDS: 13TH

INTERNATIONAL CONFERENCE, HCI INTERNATIONAL 2009, 2009, San Diego, CA, USA. **Anais [...]**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 149-158.

REYNOLDS, R. E. Selective attention and prose learning: Theoretical and empirical research. **Educational Psychology Review**, Salt Lake, v. 4, p. 345-391, 1992.

RISKO, E. F. *et al.* Everyday attention: Mind wandering and computer use during lectures. **Computers & Education**, Edmonton, v. 68, p. 275-283, 2013.

RODRIGUES, C. J. L. A importância da atenção e concentração no âmbito esportivo. **FIEP Bulletin**, São Paulo, v. 86, 2016.

SANTOS, T.; PACHECO, J.; GOMES, A. Neurofeedback Training to Enhance Mathematical Abilities in Children with Learning Difficulties. **Learning and Individual Differences**, Bron, v. 69, p. 49-58, 2019.

SETHURAMAN, N.; SMITH, L. B. Verbs and attention to relational roles in English and Tamil. **Journal of Child Language**, Dearborn, v. 40, n. 2, p. 358-390, 2013.

SHERLIN, L. H. *et al.* Neurofeedback and basic learning theory: implications for research and practice. **Journal of Neurotherapy**, Ottawa, v. 15, n. 4, p. 292-304, 2011.

SILVA, E. S.; SCHEFER, M. C. A película uma professora muito maluquinha: uma análise histórica didático-pedagógica. **Entrelinhas**, v. 13, n. 1, 2019.

SITARAM, R. *et al.* Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. **Nature Reviews Neuroscience**, Santiago, v. 18, n. 2, p. 86-100, 2017.

SMALLWOOD, J.; SCHOOLER, J. W. The restless mind. **Psychological Bulletin**, Aberdeen, v. 132, n. 6, p. 946-958, 2006.

STRAPASSON, B. A.; DITTRICH, A. O conceito de "prestar atenção" para Skinner. **Psicologia: teoria e pesquisa**, São Paulo, v. 24, p. 519-526, 2008.

TABILE, A. F.; JACOMETO, M. C. D. Fatores influenciadores no processo de aprendizagem: um estudo de caso. **Revista Psicopedagogia**, São Paulo, v. 34, n. 103, p. 75-86, 2017.

VILANI, L. H. P.; LIMA, F. V.; SAMULSKI, D. M. **Atenção e concentração no tênis de mesa: Síntese e recomendações para o treinamento.** In: SILAMI-GARCIA, E.; LEMOS, KLM. Temas atuais VII: Educação Física e esportes. Belo Horizonte: Editora Health, p. 173-190, 2002.

WILSON, K.; KORN, J. H. Attention during lectures: Beyond ten minutes. **Teaching of Psychology**, St. Francis, v. 34, n. 2, p. 85-89, 2007.

ZANELLA, L. Aprendizagem: uma introdução. In: LA ROSA, J. (org.). **Psicologia e educação: o significado de aprender.** 7. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. Cap. 1. p. 23-38.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Solicitamos sua autorização para convidar o (a) seu/sua filho(a) _____

para participar, como voluntário (a), da pesquisa intitulada como: **JOGOS COGNITIVOS CONTROLADOS POR INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA ATENÇÃO E APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL ANOS INICIAIS**

Para prosseguir, é necessário que o senhor(a) autorize e assine o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o qual está anexado a esta mensagem. Esta pesquisa está sob responsabilidade do pesquisador: **Paulo Cesar Viana Azevedo**. Também participa desta pesquisa o pesquisador: **Edgar Marçal de Barros Filho**.

É fundamental destacar que a participação do seu filho(a) é totalmente voluntária, e o senhor tem o direito de revogar o consentimento a qualquer momento, sem que isso acarrete penalidades ou alterações na forma como é atendido(a) pelo pesquisador. Não serão incorridos custos para o senhor, e nenhuma vantagem financeira será oferecida em decorrência da participação.

A recusa em participar não terá qualquer impacto negativo na relação com os pesquisadores, e garantimos que a identidade do seu filho (a) será tratada com os mais elevados padrões profissionais de sigilo. Ele(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação resultante deste estudo.

Quanto aos possíveis riscos, esclarecemos que este estudo apresenta um risco mínimo, que pode se manifestar como desconforto na cabeça e/ou dor de cabeça decorrente do uso do equipamento.

Pedimos que o senhor revise o Termo de Consentimento anexo com atenção e, caso concorde, na participação do seu(a) filho(a) neste estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo de consentimento lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável

Estou à disposição para esclarecer qualquer dúvida ou fornecer informações adicionais que julgue necessárias.

ENDEREÇO DOS RESPONSÁVEIS PELA PESQUISA	
Nome: Paulo Cesar Viana Azevedo Instituição: Universidade Federal do Ceará Endereço: Quadra H, número 223, Presidente Kennedy Telefones para contato: (85) 98847-2053	Nome: Edgar Marçal de Barros Filho Instituição: Universidade Federal do Ceará Endereço: Av. Humberto Monte, s/n, UFC Campus do Pici, Bloco 1430 - Bloco Acadêmico do Instituto UFC Virtual Telefones para contato: (85) 3182- 3216

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Nesse estudo, o objetivo geral é desenvolver dois jogos cognitivos controlados via Interface Cérebro-Computador para aprimorar a atenção e a aprendizagem dos alunos. Para alcançar esse objetivo, foram definidos três objetivos específicos. O primeiro projetar, dois jogos cognitivos controlados via ICC voltados para estimular a atenção e a concentração dos usuários. O segundo é analisar os efeitos da utilização dos jogos nos participantes com relação às habilidades cognitivas e ao desempenho escolar e por fim, o terceiro validar o funcionamento dos jogos em sessões periódicas com estudantes, avaliando sua contribuição para o aprimoramento da atenção e do desempenho acadêmica.

A referida pesquisa se destaca como uma contribuição essencial para o campo educacional, especialmente quando se trata de alunos que enfrentam desafios específicos relacionados à atenção, concentração e aprendizagem em matemática. Ao apresentar uma abordagem inovadora de intervenção, essa pesquisa oferece conhecimentos valiosos que têm o potencial de impactar significativamente o desempenho acadêmico desses estudantes.

O ponto central desta pesquisa reside na avaliação minuciosa dos efeitos do treinamento com neurofeedback na aprimoração da atenção e concentração desses alunos. Este estudo visa não apenas entender os possíveis benefícios do neurofeedback, mas também aprimorar as estratégias de ensino de matemática, contribuindo para o desenvolvimento de abordagens mais eficazes e adaptadas às necessidades individuais dos estudantes.

Os resultados promissores obtidos desta pesquisa têm um potencial significativo para influenciar positivamente a prática educacional. Ao fornecer orientações práticas embasadas em evidências, a pesquisa pretende ser uma fonte valiosa de informações para profissionais da educação. Além disso, ao abordar um problema relevante no campo educacional, espera-se que este estudo não apenas resolva desafios específicos enfrentados pelos alunos, mas também

aprimore substancialmente sua experiência no processo de aprendizagem.

Neste estudo, serão adotados os seguintes procedimentos: Para a participação na pesquisa, é necessário que o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TALE) seja assinado pelas crianças, quando possível. Além disso, os pais ou responsáveis devem assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Ambos os termos serão devidamente explicados pelo pesquisador.

Após a assinatura dos termos de consentimento, daremos início a uma abordagem cuidadosa. Posteriormente à formalização da assinatura do termo, será realizada uma entrevista com os responsáveis, visando obter uma compreensão mais aprofundada do histórico educacional do aluno, com foco especial na área da matemática.

Os resultados estarão disponíveis ao término da pesquisa. Seu nome ou qualquer material que possa indicar sua participação não será liberado sem a sua permissão explícita. Os dados e instrumentos utilizados serão arquivados pelo pesquisador responsável por um período de 5 anos. Após esse período, serão devidamente destruídos. Este termo de consentimento está impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você. Essas medidas visam garantir a confidencialidade e segurança dos dados obtidos durante a pesquisa.

ATENÇÃO: Em caso de considerações ou dúvidas sobre a participação do seu(a) filho(a) na pesquisa, por favor, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ, localizado na Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, telefone: 3366-8344/46 (Horário de atendimento: 08:00-12:00 horas, de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância responsável pela avaliação ética e acompanhamento de todos os aspectos éticos de pesquisas envolvendo seres humanos na Universidade Federal do Ceará.

Eu, _____,

RG: _____, declaro que autorizo a participação do meu filho (a) como voluntário desta pesquisa. Li cuidadosamente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre seu conteúdo e sobre a pesquisa, recebendo explicações que esclareceram completamente minhas dúvidas. Declaro também estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

Nome do responsável pela criança: _____

Assinatura: _____

Data: ____/____/____

Nome do participante da pesquisa: _____

Assinatura: _____

Data: ____/____/____

Nome do pesquisador: _____

Assinatura: _____

Data: ____/____/____

APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você foi convidado(a) para participar de uma pesquisa que quer criar jogos especiais controlados pelo cérebro para aprimorar a atenção e a aprendizagem. Esta pesquisa é muito importante para a educação, especialmente para alunos que têm problemas com atenção, concentração e aprendizagem em matemática. Com uma abordagem nova, a pesquisa pode ajudar a melhorar muito o desempenho acadêmico desses estudantes.

O foco desta pesquisa é entender como o treinamento com neurofeedback — uma técnica que usa aparelhos para ler as ondas cerebrais e ajudar a treinar o cérebro — pode melhorar a atenção e a concentração dos alunos. A pesquisa pretende descobrir como esse método pode ajudar e também melhorar o ensino de matemática, criando estratégias mais eficazes e adaptadas às necessidades de cada estudante.

Os resultados promissores desta pesquisa podem ter um grande impacto positivo na forma como ensinamos nas escolas. Com base nas informações obtidas, a pesquisa pretende oferecer orientações práticas que ajudarão os professores a melhorar seu trabalho. Além disso, ao tratar de um problema importante na educação, o estudo espera não apenas resolver desafios que os alunos enfrentam, mas também tornar a experiência de aprendizagem muito mais eficaz e interessante para todos.

Neste estudo, seguiremos os seguintes passos: Para participar, você precisará assinar um documento chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TALE), se possível. Seus pais ou responsáveis também precisarão assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Um pesquisador vai explicar tudo sobre esses documentos para você e sua família.

Depois que os documentos forem assinados, começaremos com uma abordagem cuidadosa. Em seguida, faremos uma entrevista com você para entender melhor como está indo sua educação, especialmente em matemática.

Durante a validação da Interface Cérebro-Computador (ICC), as crianças irão jogar sem usar as mãos, o mouse ou o teclado. Elas vão controlar o jogo apenas com pensamentos e com o ato de piscar os olhos. O objetivo do jogo é ajudar a melhorar a atenção e a concentração dos alunos.

Antes de começar, todos os participantes serão bem orientados sobre como fazer o treinamento. Depois, a ICC será configurada e ajustada para cada pessoa, e faremos uma verificação inicial das ondas cerebrais dos participantes usando um aparelho chamado EEG.

O referido estudo será desenvolvido por meio de um treinamento com duração de 5 meses com jogos controlados por Interface Cérebro-Computador, consistindo em duas sessões semanais, com duração média de 20 minutos, com um total de 40 sessões

Os dados coletados nas avaliações serão analisados pelo pesquisador principal para verificar se o treinamento foi eficaz. Isso ajuda a identificar possíveis melhorias no desempenho dos alunos e a entender o impacto das estratégias usadas. Vamos analisar como o programa de neurofeedback afeta o desempenho em matemática e usar essas informações para tirar conclusões sobre a eficácia do treinamento.

Para participar desta pesquisa, seu responsável precisa autorizar e assinar um documento de consentimento. Sua participação é totalmente voluntária, e você não receberá nenhum pagamento nem terá que pagar nada. Você pode tirar qualquer dúvida e decidir se quer participar ou não. Seu responsável pode retirar a autorização ou interromper sua participação a qualquer momento, sem qualquer problema ou mudança na qualidade do atendimento. A identidade dos participantes será mantida em sigilo e não será identificada em publicações relacionadas ao estudo.

A pesquisa tem riscos mínimos, como desconforto na cabeça ou dor de cabeça, que serão monitorados cuidadosamente. Estamos comprometidos em garantir sua segurança e bem-estar durante todo o estudo. Os resultados estarão disponíveis quando a pesquisa terminar. Seu nome ou qualquer informação que possa indicar sua participação não será divulgada sem sua permissão. Os dados e materiais usados serão guardados pelo pesquisador por 5 anos e depois serão destruídos. O termo de consentimento está em duas cópias: uma será guardada pelo pesquisador e a outra será dada a você. Isso garante a segurança e a confidencialidade dos dados.

Eu, _____,
portador(a) do documento de Identidade ou CPF _____, fui
devidamente informado(a) sobre os objetivos do presente estudo de forma clara e detalhada,
esclarecendo todas as minhas dúvidas. Estou ciente de que a qualquer momento posso solicitar
novas informações e que meu responsável tem o direito de modificar a decisão de minha
participação, se assim desejar. Com o consentimento do meu responsável já devidamente
assinado, declaro meu acordo em participar desse estudo.

Declaro também que recebi uma via deste Termo de Assentimento, tendo a oportunidade de lê-lo e esclarecer todas as minhas dúvidas.

Fortaleza, ____ de _____ de ____.

Assinatura do(a) menor _____

Assinatura do pesquisador _____

ENDEREÇO DOS RESPONSÁVEIS PELA PESQUISA	
Nome: Paulo Cesar Viana Azevedo Instituição: Universidade Federal do Ceará Endereço: Quadra H, número 223, Presidente Kennedy Telefones para contato: (85) 98847-2053	Nome: Edgar Marçal de Barros Filho Instituição: Universidade Federal do Ceará 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: Em caso de considerações ou dúvidas sobre a participação do seu(a) filho(a) na pesquisa, por favor, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ, localizado na Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, telefone: 3366-8344/46 (Horário de atendimento: 08:00-12:00 horas, de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância responsável pela avaliação ética e acompanhamento de todos os aspectos éticos de pesquisas envolvendo seres humanos na Universidade Federal do Ceará.

APÊNDICE C – MODELO DE QUESTIONÁRIO COM OS PROFESSORES

QUESTIONÁRIO PARA PROFESSORES (PÓS-TREINAMENTO COM JOGOS CONTROLADOS VIA INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR-BCI)

Este questionário tem como objetivo avaliar se houve melhorias na atenção, concentração e comportamento do aluno após o treinamento com a interface cérebro-computador e saber se essas melhorias influenciaram positivamente na sua aprendizagem. As respostas são anônimas e serão usadas exclusivamente para fins de pesquisa.

Bloco 1: Informações Demográficas

Nome do Professor(a): Meire Freitas Data da Avaliação: 19/11
 Nome do Aluno (a) [REDACTED] Idade: 12 Série: 5ª
 Possui alguma deficiência: EA

Bloco 2: Percepção sobre a Atenção e Concentração dos Alunos

1. Após o treinamento, você percebeu uma melhoria na capacidade de atenção do aluno durante as aulas?

(1) Muito pouco (2) Pouco (3) ☒ Médio (4) Muito (5) Bastante

Comente:

O aluno possui um déficit de atenção muito grande. Se distrai facilmente.

2. Após o treinamento o aluno demonstrou uma maior capacidade de completar suas tarefas sem se distrair?

(1) Muito pouco (2) Pouco (3) ☒ Médio (4) Muito (5) Bastante

Comente:

Ainda se distrai com facilidade. necessita sempre de medicação.

3. Após o treinamento com jogo controlado pela BCI, você notou uma melhoria significativa no foco do aluno durante as atividades escolares?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☒ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

Em relação aos jogos pedagógicos mantos em sala de aula nas atividades de matemática, ele manteve o foco.

Bloco 3: Impacto no Comportamento dos Alunos

4. Houve uma mudança positiva no comportamento do aluno após o treinamento com jogos BCI?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☒ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

Está mais participativo nas atividades em grupo.

5. O aluno demonstrou maior facilidade em lidar com frustrações ou desafios em sala de aula após o treinamento?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☒ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

Melhorou seu comportamento com os colegas

6. O treinamento com o jogo BCI influenciou positivamente no comportamento em grupo do aluno?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☒ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

Está mais social.

Bloco 4: Integração e Facilidade de uso

7. As sessões de treinamentos com o jogo BCI foram fáceis de integrar na rotina escolar dos alunos?

☐ 1 Nada fácil
 ☐ 2 Pouco fácil
 ☐ 3 Médio
 ☐ 4 Muito
 ☒ 5 Bastante

Comente:

As sessões não atrapalharam a rotina dos alunos.

8. Após o treinamento, como você avalia o interesse e a disposição do aluno para participar de atividades extracurriculares, como feiras, apresentações e projetos? Houve impacto positivo na motivação ou no engajamento deles?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☒ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

Sim. O aluno já gostava de participar das aulas extras, e com o treinamento melhorou.

Bloco 5: Avaliação Geral e Recomendação

9. Você recomendaria o uso do jogo BCI como uma ferramenta educacional para melhorar a atenção, concentração e aprendizagem dos alunos?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☐ 4 Muito
 ☒ 5 Bastante

Comente:

Percebido por uma ferramenta fundamental para
a melhoria da aprendizagem.

10. De modo geral, quão benéfico você considera o treinamento com jogos BCI para a melhoria da aprendizagem dos alunos?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☐ 4 Muito
 ☒ 5 Bastante

Comente:

Ajuda na concentração, melhorando assim a
aprendizagem.

APÊNDICE D – FORMATO DE QUESTIONÁRIO COM OS PAIS

QUESTIONÁRIO PARA PAIS / RESPONSÁVEIS (PÓS-TREINAMENTO COM JOGOS CONTROLADOS VIA INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR-BCI)

Este questionário tem como objetivo avaliar sua percepção sobre possíveis melhorias no aprendizado, comportamento e desenvolvimento geral de seu filho(a) após o treinamento com a Interface Cérebro-Computador (BCI). Todas as respostas são anônimas e serão utilizadas exclusivamente para fins de pesquisa.

Instruções: Por favor, responda cada pergunta com base em sua observação. Sempre que possível, forneça exemplos ou detalhes para justificar suas respostas.

Bloco 1: Informações Demográficas

Nome do responsável: Data da Avaliação: 21/11/24
 Nome do Aluno (a) Idade: 9 Série: 3º
 O aluno possui alguma deficiência ou transtorno? TEA E TDAH

Bloco 2: Percepção sobre a Atenção e Concentração dos Alunos

1. Você percebeu uma melhoria na capacidade de atenção do seu filho nas atividades escolares após o treinamento com jogos BCI?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☒ 3 Médio
 ☐ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

TEM FEITO MAIS ATIVIDADES EM SALA.

2. Seu filho tem demonstrado maior capacidade de concluir tarefas escolares ou de casa com menos distrações?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☒ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

AS TAREFAS DE CASA ESTÃO SENDO FEITAS COM
MAIOR TEMPO HÁBIL E MAIOR ATENÇÃO.

3. Você notou alguma mudança no nível de interesse ou entusiasmo do seu filho ao realizar atividades escolares?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☒ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

ELE TEM FALADO MAIS SOBRE O QUE FEZ/ESTUDOU EM SALA DE AULA.

Bloco 3: Impacto no Comportamento dos Alunos

4. Após o treinamento, você notou melhoria no comportamento do seu filho em casa ou em outros ambientes sociais?

☐ 1 Muito pouco
 ☐ 2 Pouco
 ☒ 3 Médio
 ☐ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

NÃO NOTEI MUITA DIFERENÇA NÃO

5. Como você percebe a reação do seu filho diante de desafios ou situações de frustração após o treinamento? Ele demonstrou mais calma, persistência ou outra mudança significativa?

☐ 1 Muito pouco
 ☒ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☐ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

TALVEZ UMA LEVE MELHORA EM RELAÇÃO ÀS FRUSTRAÇÕES.

6. Seu filho demonstrou mais facilidade para se relacionar com colegas ou familiares após o treinamento?

☐ 1 Muito pouco
 ☒ 2 Pouco
 ☐ 3 Médio
 ☐ 4 Muito
 ☐ 5 Bastante

Comente:

A RELAÇÃO CONTINUA A MESMA.

Bloco 4: Integração e Facilidade de uso

7. Você notou uma mudança na motivação do seu filho(a) para participar de atividades extracurriculares ou novas experiências?

☒ 1 Muito pouco ☐ 2 Pouco ☐ 3 Médio ☐ 4 Muito ☐ 5 Bastante

Comente:

NÃO DEMONSTRA INTERESSE.

8. Houve um impacto no interesse do seu filho(a) em aprender coisas novas fora do ambiente escolar, como hobbies, leitura ou outras atividades criativas?

☐ 1 Muito pouco ☐ 2 Pouco ☒ 3 Médio ☐ 4 Muito ☐ 5 Bastante

Comente:

TEVE UM POUCO DE INTERESSE EM JOGOS DE PERGUNTAS E RESPOSTAS.

Bloco 5: Avaliação Geral e Recomendação

9. De forma geral, você acredita que o treinamento com jogos BCI beneficiou o desenvolvimento educativo e comportamental do seu filho(a)?

☐ 1 Muito pouco ☐ 2 Pouco ☒ 3 Médio ☐ 4 Muito ☐ 5 Bastante

Comente:

SIM, APESAR QUE NÃO TEVE MUITAS MUDANÇAS.

10. O quanto você recomendaria o uso dessa tecnologia para outros pais como uma ferramenta para apoiar o desenvolvimento e aprendizagem de seus filhos?

☐ 1 Muito pouco ☐ 2 Pouco ☒ 3 Médio ☐ 4 Muito ☐ 5 Bastante

Comente:

COMO NÃO TEVE UM IMPACTO MAIOR NA VIDA DO MEU FILHO, MINHA RECOMENDAÇÃO SERIA TENTAR, POIS CADA CASO É ÚNICO E INDIVIDUAL.