

BRUNO MIGUEL FLOR

**TEMPO DE REAÇÃO AUDITIVA EM JOGADORES DE JOGOS ELETRÔNICOS E
NÃO JOGADORES: MEDIÇÃO VIA SINCRONIZAÇÃO EM SMARTPHONES**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

João Pessoa

2025

BRUNO MIGUEL FLOR

**TEMPO DE REAÇÃO AUDITIVA EM JOGADORES DE JOGOS ELETRÔNICOS E
NÃO JOGADORES: MEDIÇÃO VIA SINCRONIZAÇÃO EM SMARTPHONES**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas (Trabalho Acadêmico de conclusão de Curso), como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel (Licenciado) em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba.

Nome do Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Serramo Lopez

João Pessoa
2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F632t Flor, Bruno Miguel.

Tempo de reação auditiva em jogadores de jogos eletrônicos e não jogadores: medição via sincronização em smartphones / Bruno Miguel Flor. - João Pessoa, 2025.

30 p. : il.

Orientação: Luiz Carlos Serramo Lopez.

TCC (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - UFPB/CCEN.

1. Psicofisiologia. 2. Desempenho psicomotor. 3. Treinamento cognitivo. 4. mHealth (Saúde Móvel). I. Lopez, Luiz Carlos Serramo. II. Título.

UFPB/CCEN

CDU 57(043.2)

BRUNO MIGUEL FLOR

**TEMPO DE REAÇÃO AUDITIVA EM JOGADORES DE JOGOS ELETRÔNICOS E
NÃO JOGADORES: MEDIÇÃO VIA SINCRONIZAÇÃO EM SMARTPHONES**

Monografia apresentada ao Curso de
Ciências Biológicas, como requisito parcial
à obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas da Universidade
Federal da Paraíba.

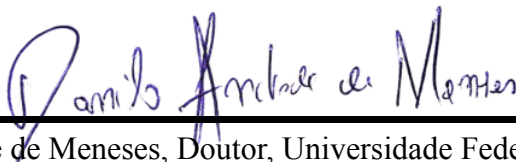
Data: 7 de outubro de 2025

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA:



Luiz Carlos Serramo Lopez, Doutor, Universidade Federal da Paraíba



Danilo Andrade de Meneses, Doutor, Universidade Federal da Paraíba



Gabriella Medeiros Silva, Mestra, Universidade Federal da Paraíba

What if who I hoped to be was always me?
And the love I fought to feel was always free?
What if all the things I've done
Were just attempts at earning love?
[..]
What if where I've tried to go was always here?
And the path I've tried to cut was always clear?
When the love I really need is stupid cheap
(Jon Bellion)

Vida é uma viagem
Que você compra passagem
Sem saber pra onde vai
Se transforma
Até os planetas se formam
Da xepa, do resto de estrelas
Basta você se querer
(Supercombo)

AGRADECIMENTOS

A jornada até a conclusão deste trabalho foi longa e desafiadora, e não teria sido possível sem o apoio de pessoas essenciais em minha vida. À minha mãe, dedico um agradecimento especial. Mesmo distante, sua presença foi constante, oferecendo a estabilidade e o auxílio que foram meu alicerce em todos os momentos. Ao meu pai, agradeço pelo apoio e por acreditar em mim ao longo deste caminho. Expresso minha imensa gratidão à minha tia de consideração, Carmem. Seu suporte durante toda a graduação foi um presente. Mesmo sem laços de sangue, sua ajuda, motivada por pura generosidade, foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

No âmbito acadêmico, agradeço ao meu orientador, Professor Luiz Lopez, por me guiar com maestria e me ajudar a descobrir o que realmente faz meus olhos brilharem na Biologia: a análise estatística e populacional. Agradeço também a todos os colegas do laboratório LECOPSI, pela troca de conhecimentos e pelo ambiente de colaboração.

Por último, mas de forma alguma menos importante, agradeço aos meus amigos. Em especial, à Bea, Flore, Mel, Gui e Felps. Vocês me acompanharam desde o início e me deram um dos maiores presentes que alguém pode receber: a sensação de ser aceito incondicionalmente por quem eu sou, e não pelo que tenho a oferecer. Com vocês, aprendi que o amor que eu tanto buscava sempre esteve ao meu alcance, de graça. Vocês me ensinaram a direcionar para mim mesmo um pouco do cuidado que eu sempre me esforcei para dar aos outros e me mostraram que a pessoa que eu sempre quis ser, na verdade, sempre fui eu.

RESUMO

O tempo de reação (TR) é uma medida fundamental da velocidade de processamento cognitivo, e a prática de jogos eletrônicos tem sido associada à sua otimização. Contudo, a medição do TR em dispositivos não laboratoriais, como smartphones, apresenta desafios metodológicos. Este estudo teve um duplo objetivo: comparar o TR auditivo entre jogadores e não jogadores e avaliar o viés de medição de um método de aferição baseado apenas em software (RTAlg) em comparação a um método sincronizado acusticamente (RTAudio). A amostra foi composta por 18 adultos jovens (média de idade = 22 anos), divididos em um grupo de jogadores de jogos eletrônicos ($n = 8$) e um grupo de não jogadores ($n = 10$). As medições foram realizadas com o aplicativo *Fast Fingers*, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Pará para experimentos em tempo de reação em smartphones. O software utiliza dois métodos: um baseado em timestamps do código (RTAlg) e outro sincronizado acusticamente (RTAudio), no qual o microfone interno capta o pico do estímulo sonoro para maior precisão. Os resultados demonstraram a existência de um viés de medição significativo e de grande magnitude no método RTAlg, que superestimou o TR real em uma média de 478 ms ($p < 0,001$). Na comparação de desempenho com o método acurado RTAudio, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($W = 25$, $p = 0,203$). No entanto, a análise do tamanho do efeito (Cliff's Delta = -0,375) revelou uma diferença de magnitude média, sugerindo que o estudo foi subdimensionado. Conclui-se que a medição de TR em smartphones exige sincronização acústica para garantir a validade dos dados e que, embora a diferença de desempenho entre os grupos não tenha sido estatisticamente confirmada, a tendência observada justifica futuras investigações com amostras maiores. Este estudo contribui não apenas para a discussão metodológica em pesquisas de tempo de reação, mas também para potenciais aplicações práticas em áreas como educação, esportes e reabilitação. A validação de métodos acessíveis de mensuração cognitiva pode favorecer a democratização de avaliações neuropsicológicas e apoiar o desenvolvimento de tecnologias móveis voltadas à saúde e ao desempenho humano.

Palavras-chave: Psicofisiologia. Desempenho Psicomotor. Treinamento Cognitivo. mHealth (Saúde Móvel).

ABSTRACT

Reaction time (RT) is a fundamental measure of cognitive processing speed, and the practice of electronic games has been associated with its optimization. However, measuring RT on non-laboratory devices, such as smartphones, presents methodological challenges. This study had a dual objective: to compare auditory RT between gamers and non-gamers and to evaluate the measurement bias of a software-only based method (RTAlg) compared to an acoustically synchronized method (RTAudio). The sample consisted of 18 young adults (mean age = 22 years), divided into a group of gamers ($n = 8$) and a group of non-gamers ($n = 10$). Measurements were performed using the Fast Fingers application, developed by researchers from the Federal University of Pará for reaction time experiments on smartphones. The software employs two methods: one based on code timestamps (RTAlg) and another that is acoustically synchronized (RTAudio), in which the internal microphone captures the peak of the sound stimulus for greater accuracy. The results demonstrated the existence of a significant and large-magnitude measurement bias in the RTAlg method, which overestimated the actual RT by an average of 478 ms ($p < 0.001$). In the performance comparison using the accurate RTAudio method, no statistically significant difference was found between the groups ($W = 25$, $p = 0.203$). However, the effect size analysis (Cliff's Delta = -0.375) revealed a medium-magnitude difference, suggesting the study was underpowered. It is concluded that RT measurement on smartphones requires acoustic synchronization to ensure data validity and that, although the performance difference between the groups was not statistically confirmed, the observed trend justifies future investigations with larger samples. This study contributes not only to the methodological discussion in reaction time research but also to potential practical applications in fields such as education, sports, and rehabilitation. The validation of accessible cognitive measurement methods may promote the democratization of neuropsychological assessments and support the development of mobile technologies aimed at health and human performance.

Keywords: Psychophysiology. Psychomotor Performance. Cognitive Training. mHealth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho do Experimento e Interface da Aplicação.....	17
Figura 2 – Distribuição do Viés de Medição por Grupo.....	20
Figura 3 – Comparação do Tempo de Reação Auditiva entre Grupos.....	21
Figura 4 – Distribuição do Tempo de Reação Auditiva por Grupo através de curvas de densidade.....	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAAE – Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

DP – Desvio Padrão

FPS – *First Person Shooter* (Jogo de Tiro em Primeira Pessoa)

IQR – Intervalo Interquartil

PGB – Pesquisa Game Brasil

RTAlg – Tempo de Reação Algorítmico

RTAudio – Tempo de Reação Sincronizado por Áudio

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TR – Tempo de Reação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Delineamento do Estudo.....	15
3.2 Participantes.....	15
3.3 Instrumentos e Materiais.....	16
3.4 Procedimentos.....	16
3.5 Pré-processamento dos Dados.....	17
3.6 Análise Estatística.....	18
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Caracterização da Amostra.....	19
4.2 Análise do Viés de Medição.....	19
4.3 Comparação do Tempo de Reação Auditiva entre Grupos.....	20
5. DISCUSSÃO.....	23
5.1 Interpretação do Desempenho Comportamental entre Grupos.....	23
5.2 Contribuição Metodológica e Relevância do Estudo.....	25
5.3 Limitações e Direcionamentos Futuros.....	26
6. CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil estabeleceu-se como um dos principais mercados de jogos eletrônicos no cenário global, com pesquisas indicando que aproximadamente três em cada quatro brasileiros têm o hábito de jogar, dedicando uma parcela significativa de seu tempo de lazer a essa atividade. Essa ampla disseminação dos jogos digitais, especialmente entre adolescentes e jovens adultos, transcende o mero entretenimento, levantando questões importantes sobre seus impactos comportamentais e cognitivos (Pesquisa Game Brasil, 2024). Enquanto a comunidade de saúde, representada por órgãos como a Sociedade Brasileira de Pediatria, expressa preocupações com os riscos do uso excessivo, como o desenvolvimento do *gaming disorder* (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2023; Kuss e Griffiths, 2012), um corpo crescente de evidências científicas investiga os potenciais benefícios de certos gêneros de jogos (De Souza et al., 2023; Smith et al., 2023; Toth et al., 2023).

Dentro deste universo, a literatura cognitiva dedica especial atenção aos chamados videogames de ação. Este gênero é caracterizado por ambientes virtuais que exigem do jogador um processamento rápido de informações, alta carga de atenção, vigilância periférica e a capacidade de tomar decisões precisas sob intensa pressão de tempo, como é o caso dos jogos de tiro em primeira pessoa ou *First-Person Shooters* (FPS) (Bediou et al., 2018). A prática contínua e intensiva desses jogos pode atuar como uma forma de treinamento cognitivo, induzindo plasticidade neural, ou seja, a capacidade do cérebro de se reorganizar estrutural e funcionalmente em resposta à experiência (Palaus et al., 2017).

Essa neuroplasticidade manifesta-se no aprimoramento de diversas funções cognitivas, diversos estudos demonstram que jogadores de ação exibem melhoras significativas (Green; Bavelier, 2003; Bediou et al., 2018; Smith et al., 2023). Dentre as habilidades aprimoradas, a velocidade de processamento de informações é uma das mais consistentemente documentadas, sendo frequentemente mensurada através do tempo de reação (TR) (Dye; Green; Bavelier, 2009).

Contudo, é importante notar que esta área de pesquisa enfrenta desafios metodológicos. Uma meta-análise recente sobre estudos transversais, que comparam jogadores e não jogadores, identificou um possível viés de publicação — a tendência de resultados positivos serem publicados com maior frequência. Os autores concluem que, após

aplicar correções estatísticas para esse viés, a estimativa do real efeito dos jogos na cognição se mostra incerta e muito variável entre os estudos (Jones et al., 2023).

O tempo de reação é uma medida psicofisiológica fundamental que reflete o intervalo entre a apresentação de um estímulo e a execução de uma resposta motora, englobando toda a cadeia de processos perceptivos, cognitivos e motores (Luce, 1986; Kosinski, 2008). Por ser um marcador sensível da integridade e eficiência do sistema nervoso central, o TR é uma variável crucial para entender os efeitos da prática de videogames. A expectativa teórica é que a necessidade constante de reagir rapidamente a eventos imprevisíveis no jogo treine o cérebro a processar informações e a executar respostas de forma mais eficiente, resultando em um TR mais curto (Bediou et al., 2018; Smith et al., 2023).

Contudo, a validade das conclusões sobre o TR é diretamente dependente da acurácia de sua mensuração. Em dispositivos móveis como smartphones, uma medida baseada apenas no comando do software (RTAlg) pode ser contaminada por latências do sistema, resultando em uma superestimação do tempo real. Para contornar este problema, métodos de sincronização acústica (RTAudio) garantem maior precisão ao registrar o início do estímulo pelo seu som (Costa et al., 2023).

A investigação de tempos de reação possui relevância que ultrapassa o campo da psicologia experimental. Medidas precisas desse tipo de desempenho são aplicadas em contextos educacionais, esportivos e clínicos, sendo fundamentais para compreender mecanismos cognitivos e desenvolver aplicações práticas em saúde e tecnologia (Whelan, 2008). Assim, garantir a validade dos métodos de mensuração é essencial tanto para a produção científica quanto para benefícios sociais mais amplos.

Diante do exposto, o presente estudo se propõe a investigar essa temática sob um duplo viés, metodológico e comportamental. Parte-se de duas hipóteses principais: a primeira, de natureza metodológica, é que a medição baseada em software (RTAlg) superestima sistematicamente o tempo de reação. A segunda, de natureza psicofisiológica, é que o grupo de jogadores apresentará um tempo de reação auditiva (RTAudio) significativamente menor em comparação ao grupo de não jogadores, refletindo uma otimização no processamento sensorio-motor associada à prática de jogos de ação.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Comparar o tempo de reação auditiva entre jogadores e não jogadores de jogos eletrônicos, utilizando o método sincronizado pelo pico acústico (RTAudio) como referência válida.

2.2 Objetivos Específicos

- Descrever estatisticamente (médias, medianas, quartis e desvios padrão) os tempos de reação auditiva dos grupos jogadores e não jogadores.
- Comparar os grupos quanto ao tempo de reação auditiva (RTAudio), verificando se jogadores apresentam tempos menores do que não jogadores.
- Estimar o tamanho de efeito das diferenças entre jogadores e não jogadores e calcular o poder estatístico da amostra.
- Avaliar o viés de mensuração entre RTAlg e RTAudio, aplicando testes de comparação pareados e o gráfico de Bland–Altman.
- Caracterizar a variabilidade intra e interindividual dos tempos de reação, discutindo sua relação com a prática em jogos de ação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Delineamento do Estudo

Estudo quase-experimental de caráter transversal.

3.2 Participantes

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal da Paraíba, sob o parecer de aprovação nº 7.098.194 (CAAE: 79834924.0.0000.5188). A participação foi voluntária, e todos os indivíduos foram informados sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do início da coleta de dados.

A amostra foi composta por 18 participantes, alocados em dois grupos distintos com base em seus hábitos de jogo auto relatados, conforme um questionário de triagem. Os critérios para a alocação dos participantes foram definidos com base em padrões consistentes com a literatura da área (Bediou et al., 2018). Os critérios específicos foram:

- **Grupo Jogadores (n=8):** Foram incluídos participantes que relataram jogar jogos eletrônicos do gênero *First Person Shooter* (FPS) por, no mínimo, 5 horas semanais, de forma consistente nos últimos 6 meses. A média de horas do grupo foi de 15 horas semanais.
- **Grupo Não Jogadores (n=10):** Foram incluídos participantes que relataram não ter o hábito de jogar jogos eletrônicos, jogando menos de 1 hora por semana no último semestre.

Adicionalmente, todos os participantes atenderam aos seguintes critérios gerais:

- Critérios de inclusão: Idade entre 18 e 35 anos, audição e visão autorreferidas normais, e disponibilidade para participar da coleta. A média de idade foi de 22 anos (DP = 4,25).
- Critérios de exclusão: Uso de substâncias psicoativas nas últimas 12 horas, histórico de doenças neurológicas ou psiquiátricas, e privação de sono grave no dia da coleta.

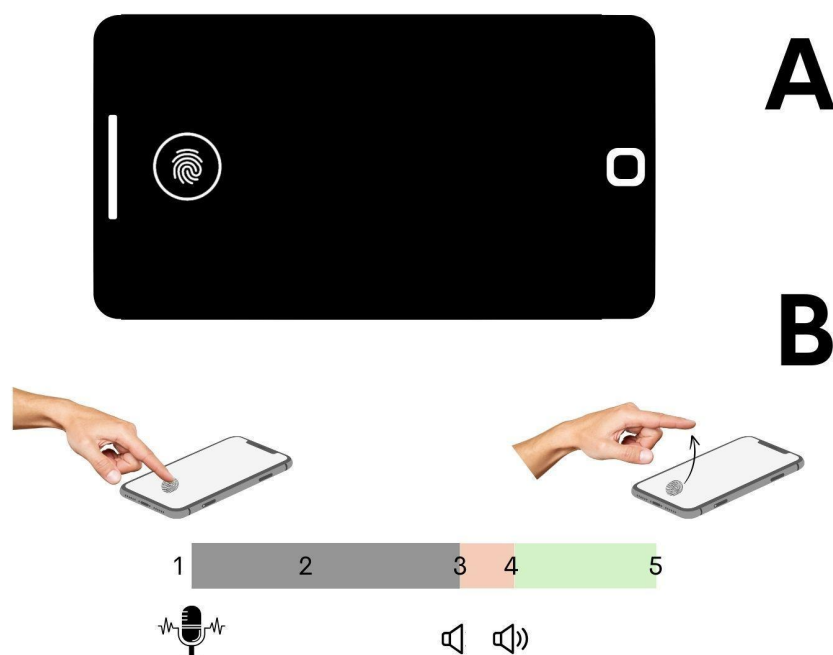
3.3 Instrumentos e Materiais

- Smartphones, utilizando microfone e alto-falante internos.
- Aplicativo experimental para emissão de estímulos e registro.
- Ambiente silencioso, com iluminação estável.
- Condições registradas: mão dominante, apoio em mesa.
- Aplicativo Fast Fingers — O registro dos tempos de reação foi realizado por meio do aplicativo *Fast Fingers*, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Pará, vinculado ao Núcleo de Medicina Tropical, com base no método descrito por Costa et al. (2023). O software foi projetado especificamente para experimentos psicofisiológicos utilizando smartphones, permitindo a emissão controlada de estímulos auditivos simples e o registro preciso das respostas motoras.
 - O aplicativo implementa dois métodos de medição: (1) um método baseado em timestamps do próprio código (RTAlg), que calcula o tempo de reação a partir do comando lógico para emissão do som; e (2) um método sincronizado acusticamente (RTAudio), que utiliza o microfone interno do smartphone para detectar o pico de pressão sonora do estímulo, garantindo alta precisão temporal. Esse método de sincronização permite reduzir significativamente os atrasos introduzidos pelo sistema operacional e pelo hardware, sendo validado experimentalmente no estudo original (Costa et al., 2023).

3.4 Procedimentos

A tarefa consistiu em responder a estímulos auditivos simples emitidos por um aplicativo em smartphone, registrando-se o tempo de reação por dois métodos: RTAlg e RTAudio. Cada participante foi instruído a manter o dedo sobre a tela e retirá-lo o mais rápido possível ao ouvir o estímulo. Foi realizado um bloco de ensaio seguido de 10 tentativas, com intervalos interestímulos entre 1 e 2 segundos.

Figura 1 -Desenho do Experimento e Interface da Aplicação



Legenda: A imagem detalha o procedimento experimental para a medição do tempo de reação através de uma aplicação móvel. **(A)** exibe a interface da aplicação, destacando a área de toque para o dedo. **(B)** ilustra as cinco etapas do ensaio:

1. **Início da Gravação:** O utilizador toca na área designada no ecrã do smartphone, o que inicia a gravação do som ambiente pelo microfone do aparelho.
2. **Atraso Aleatório:** Ocorre um intervalo de tempo aleatório, entre 1 e 5 segundos, para evitar que o participante antecipe a resposta.
3. **Ativação por Código:** O código da aplicação envia o comando para ativar os altifalantes do smartphone.
4. **Emissão do Estímulo:** Um estímulo auditivo de 425 Hz é emitido pelos altifalantes.
5. **Resposta do Participante:** Ao detectar o som, o participante levanta o dedo do ecrã o mais rapidamente possível. Este movimento interrompe a emissão do som e termina a gravação de áudio.

Fonte: Adaptado de Costa et al. (2023)

3.5 Pré-processamento dos Dados

Antes da análise estatística, os dados brutos de tempo de reação foram submetidos a um processo de pré-filtragem para remoção de valores discrepantes (outliers). Em tarefas de tempo de reação, é reconhecido que respostas extremamente rápidas costumam refletir antecipação ou “fast guesses”, enquanto respostas muito lentas indicam lapsos de atenção ou

perda momentânea do engajamento (Kosinski, 2008; Whelan, 2008). Estudos clássicos em psicologia experimental destacam que a exclusão de tempos extremos é necessária para preservar a validade das análises, uma vez que esses valores não representam a verdadeira velocidade de processamento cognitivo-motor (Ratcliff, 1993; Ulrich e Miller, 1994).

Neste estudo, adotou-se um critério conservador de truncamento, mantendo apenas os valores de tempo de reação situados entre o primeiro e o terceiro quartil (Q1–Q3). Esse procedimento foi adotado devido ao pequeno número de participantes e à ocorrência de respostas extremamente discrepantes e irreais, que poderiam distorcer as médias. O mesmo é uma variação dos métodos de exclusão baseados em quantis, amplamente discutidos na literatura sobre análise de tempos de reação (Whelan, 2008), que destacam a utilidade do truncamento para reduzir a influência de respostas atípicas.

3.6 Análise Estatística

Os dados de tempo de reação foram primeiramente descritos por meio de estatísticas descritivas (média, mediana, desvio padrão, quartis). A distribuição dos tempos de reação auditivos (RTAudio) em cada grupo foi avaliada pelo teste de Shapiro–Wilk.

Para a comparação entre grupos (jogadores vs. não jogadores), utilizou-se o teste de Mann–Whitney, uma vez que os dados não atenderam plenamente ao pressuposto de normalidade. O tamanho de efeito foi estimado por meio do Cliff’s delta (não paramétrico) e também do Cohen’s d, como medida comparativa.

Foi realizada análise de poder estatístico (post hoc) para estimar a probabilidade de detectar diferenças reais com o tamanho amostral utilizado, além do cálculo do número mínimo de participantes necessário por grupo para alcançar 80% de poder estatístico.

4. RESULTADOS

A análise dos dados foi conduzida com o objetivo de, primeiramente, validar a metodologia de medição e, em seguida, testar a hipótese comportamental principal. Desta forma, os resultados são apresentados em duas frentes: a análise do viés de medição e a comparação do tempo de reação auditiva (RTAudio) entre os grupos.

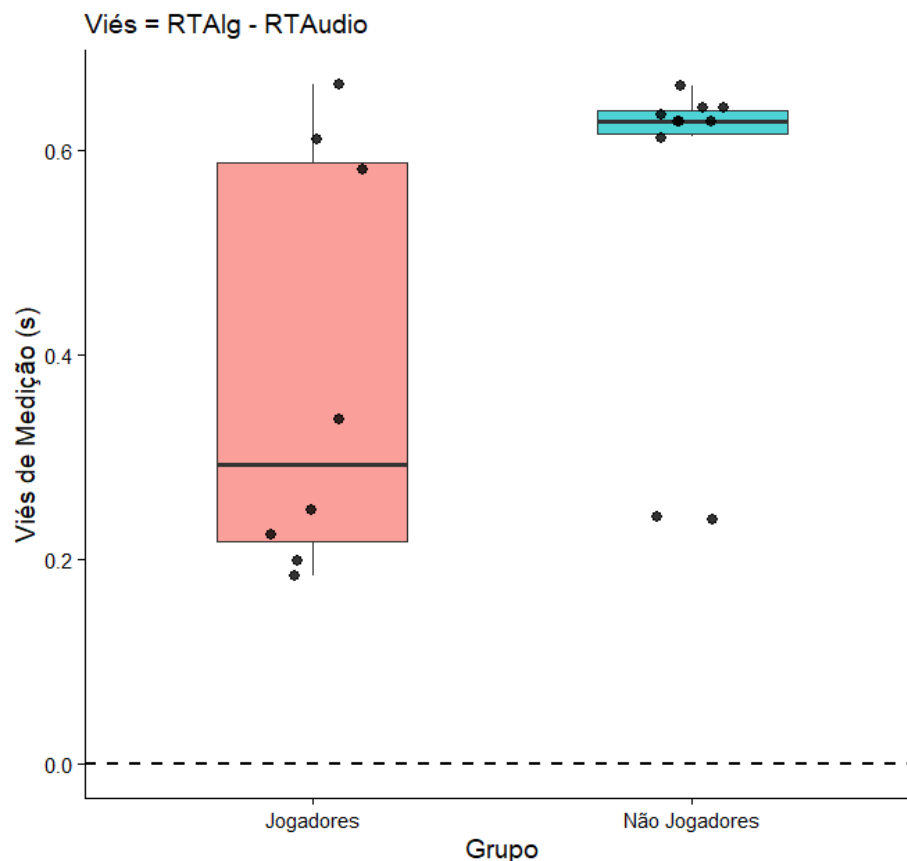
4.1 Caracterização da Amostra

A amostra do presente estudo foi composta por 18 voluntários, divididos em um grupo de jogadores ($n=8$) e um grupo de não-jogadores ($n=10$). Do total de participantes, 10 (55,6%) eram do sexo feminino e 8 (44,4%) do sexo masculino. O grupo de jogadores (composto por 5 homens e 3 mulheres) foi caracterizado por indivíduos que jogam videogame com frequência, com uma média de 15 horas de jogo por semana ($DP=8,09$). Os gêneros de jogos mais citados por este grupo foram Ação e Aventura (62,5%), RPG (50%) e Estratégia (37,5%). Quanto às plataformas, houve uma predominância do uso de computadores (PC), relatado por 75% dos jogadores, enquanto 25% utilizavam consoles de videogame. O grupo de não-jogadores, por sua vez, é composto por 7 mulheres e 3 homens.

4.2 Análise do Viés de Medição

A investigação da acurácia do método de medição revelou um viés sistemático e de grande magnitude introduzido pelo método algorítmico (RTAlg). Ao se analisar os dados de todos os 18 participantes, observou-se que o RTAlg superestimou o RTAudio em uma média de 0,478 segundos ($DP = 0,199$ s). A robustez estatística deste achado foi confirmada por um teste de Wilcoxon para uma amostra, que indicou que a mediana do viés foi significativamente superior a zero ($V = 171$, $p < 0,001$). A Figura 2 ilustra a distribuição deste viés para os dois grupos de participantes. Este resultado fundamental estabelece a presença de um erro de medição e valida a utilização do RTAudio como a medida de referência fidedigna para as análises subsequentes.

Figura 2 – Distribuição do Viés de Medição por Grupo



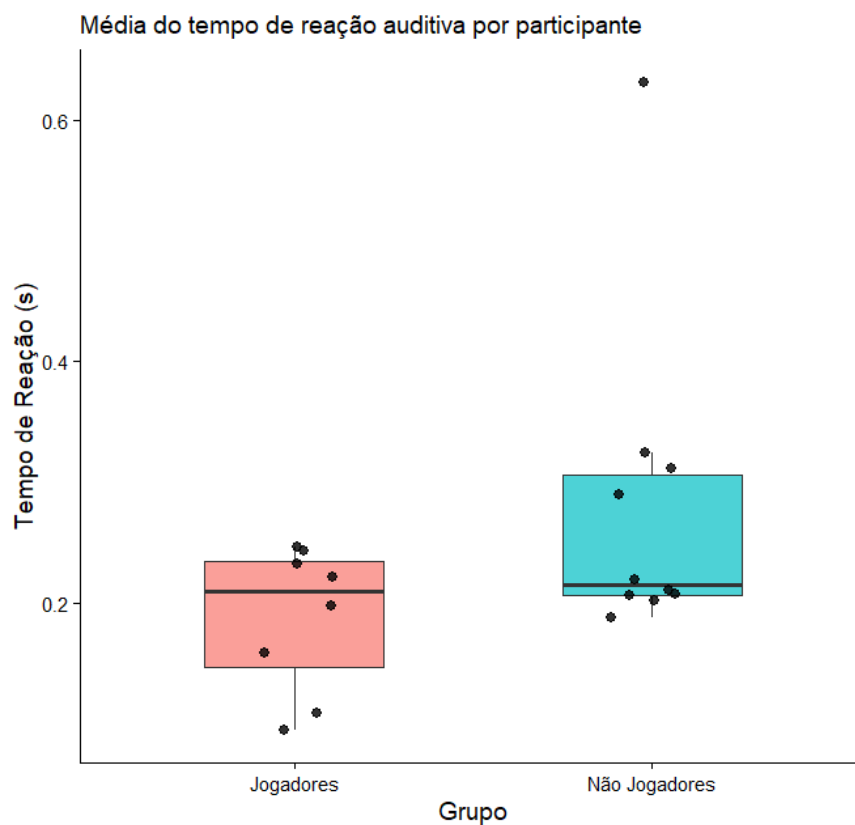
Legenda: Boxplot representando a distribuição do viés de medição (RTAlg - RTAudio) para cada grupo. A linha tracejada em $y=0$ representa a ausência de viés. Nota-se que todos os participantes apresentaram um viés positivo, indicando uma superestimação do tempo de reação pelo método RTAlg.

4.3 Comparação do Tempo de Reação Auditiva entre Grupos

Uma vez validado o método de aferição, procedeu-se à análise do tempo de reação auditiva (RTAudio). A análise descritiva dos dados corrigidos mostrou que o grupo de jogadores ($n=8$) obteve uma média de 0,188 s (DP = 0,059 s) e uma mediana de 0,210 s (Intervalo Interquartil [IQR] = 0,146 – 0,235 s). O grupo de não jogadores ($n=10$), por sua vez, apresentou uma média de 0,279 s (DP = 0,132 s) e uma mediana de 0,214 s (IQR = 0,206 – 0,306 s). Notavelmente, a diferença entre as médias (91 ms) foi substancialmente maior que a diferença entre as medianas (4 ms), indicando a influência de valores mais altos na distribuição do grupo de não jogadores. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk confirmou que a distribuição deste último grupo violou o pressuposto de normalidade ($W=0,669$, $p<0,001$), direcionando a análise para a utilização de um teste não paramétrico.

Para a comparação inferencial entre os grupos, foi empregado o teste de Mann-Whitney U, que compara as medianas. A análise não revelou diferença estatisticamente significativa no tempo de reação auditiva ($W = 25$, $p = 0,203$). Para aprofundar a compreensão deste resultado, foi calculado o tamanho do efeito através do Delta de Cliff. O valor obtido ($\delta = -0,375$), classificado como um efeito de magnitude média, apresentou um intervalo de confiança de 95% extremamente amplo $[-0,77, 0,23]$. O fato de este intervalo cruzar o valor zero indica uma alta incerteza na estimativa, corroborando a falta de significância estatística. A comparação visual destas distribuições é apresentada na Figura 3.

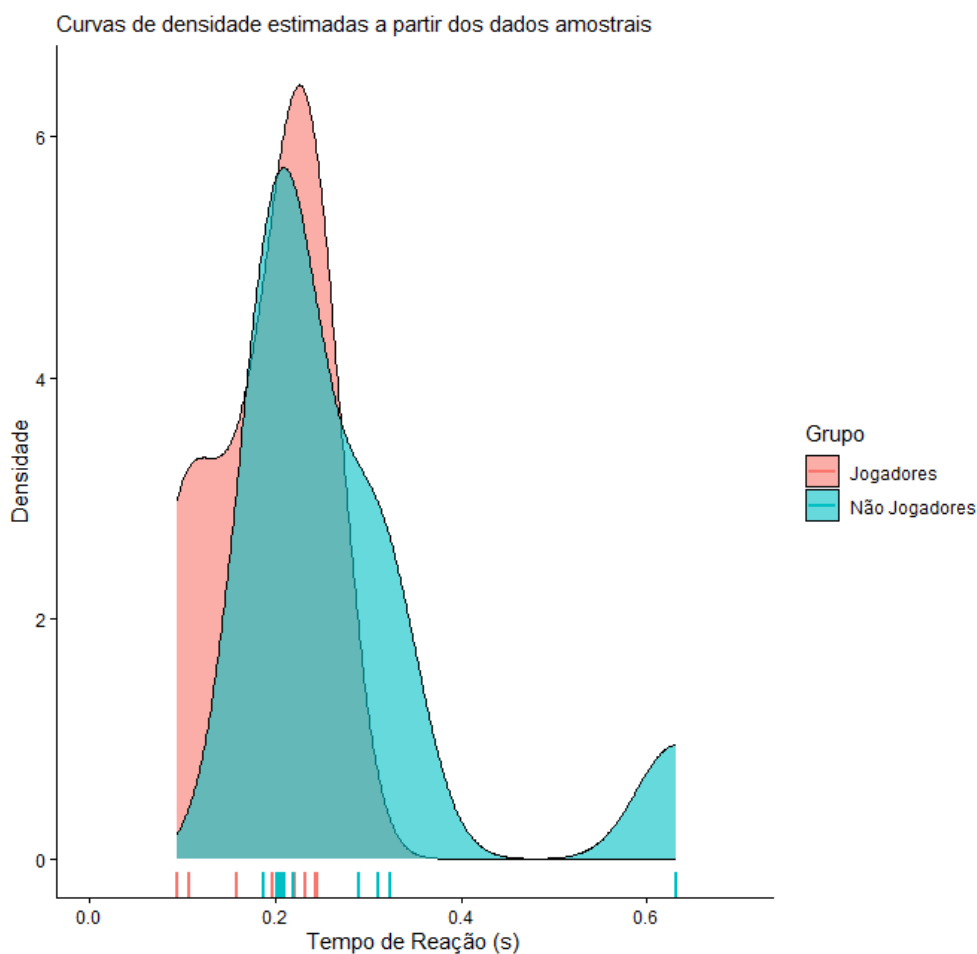
Figura 3 – Comparação do Tempo de Reação Auditiva entre Grupos.



Legenda: Boxplot comparando a distribuição do tempo de reação auditiva (RTAudio) entre os grupos de Jogadores e Não Jogadores. Cada ponto representa a média de TR de um participante. A linha central da caixa representa a mediana. Embora as medianas sejam próximas, a maior dispersão e a presença de valores mais altos no grupo de Não Jogadores são visualmente aparentes.

Para além da análise das medidas de tendência central, as distribuições completas do tempo de reação (RTAudio) de cada grupo foram examinadas visualmente através de curvas de densidade, conforme apresentado na Figura 4. A análise gráfica revela diferenças na estrutura de desempenho entre os grupos. Observa-se que a distribuição do grupo de Jogadores aproxima-se de uma curva mais simétrica, enquanto a distribuição do grupo de Não Jogadores exibe uma acentuada assimetria à direita, indicando a ocorrência de tempos de reação mais longos neste grupo.

Figura 4 – Distribuição do Tempo de Reação Auditiva por Grupo



Legenda: Curvas de densidade estimadas para o Tempo de Reação Auditiva (RTAudio) de cada grupo. Os traços no eixo X representam a medida de TR de cada participante. A figura evidencia a distribuição mais simétrica do grupo de Jogadores e a acentuada assimetria positiva (à direita) do grupo de Não Jogadores, causada pela presença de respostas atipicamente lentas.

5. DISCUSSÃO

A análise dos dados deste estudo produziu dois achados principais e distintos. Primeiramente, no âmbito metodológico, os resultados demonstraram de forma inequívoca que a medição do tempo de reação (TR) em smartphones baseada apenas em software (RTAlg) possui um viés de superestimação significativo e de grande magnitude, na ordem de 478 ms ($p < 0,001$). Em segundo lugar, no âmbito comportamental, o estudo não encontrou uma diferença estatisticamente significativa no tempo de reação auditivo (RTAudio) entre jogadores e não jogadores. Contudo, revelou uma tendência de desempenho superior nos jogadores, com um efeito de magnitude média (Cliff's Delta = -0,375), sugerindo que a ausência de significância estatística provavelmente está ligada ao poder amostral limitado.

5.1 Interpretação do Desempenho Comportamental entre Grupos

A principal hipótese comportamental, de que jogadores teriam um tempo de reação menor, não foi confirmada pelo teste de significância estatística ($p = 0,203$). Contudo, uma análise que se restrinja a este p-valor seria incompleta. A investigação do tamanho do efeito (Cliff's Delta = -0,375) revelou uma diferença de magnitude média, o que sugere que a tendência observada nos dados é, de fato, relevante e consistente com a vasta literatura que demonstra o aprimoramento de habilidades cognitivas pela prática de jogos de ação (Green & Bavelier, 2003; Bediou et al., 2018).

Uma análise mais aprofundada das estatísticas descritivas reafirma fortemente essa possibilidade de diferença. Enquanto as medianas dos grupos foram muito próximas (0,210 s vs. 0,214 s), as médias revelaram um cenário distinto, com o grupo de jogadores sendo, em média, 91 ms mais rápido que o de não jogadores (0,188 s vs. 0,279 s). Essa discrepância é explicada pela presença de respostas extremamente lentas (e.g., um TR de 0,631 s) no grupo de não jogadores, ausentes no grupo de jogadores. Isso indica que a diferença de desempenho entre os grupos pode não residir tanto na velocidade típica de resposta, mas sim na consistência atencional. A prática de jogos de ação pode atuar reduzindo a frequência de lapsos de atenção que geram tempos de reação muito altos, tornando o desempenho do grupo de jogadores mais estável e eficiente. Esta maior consistência, que se reflete na redução da assimetria da distribuição dos tempos de reação, é, em si, um benefício cognitivo relevante documentado na literatura (Whelan, 2008).

Ainda assim, a ausência de uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, apesar da tendência observada, ecoa um debate metodológico mais amplo na área. Conforme apontado por Jones et al. (2023), a literatura de estudos transversais que comparam jogadores e não jogadores pode sofrer com viés de publicação, o que torna a estimativa do "efeito verdadeiro" dos jogos uma tarefa complexa e, por vezes, incerta. A baixa potência estatística do presente estudo, somada a essa problemática geral da área, pode ajudar a explicar por que a diferença observada não atingiu o limiar de significância.

Adicionalmente, um debate crescente na literatura questiona se a categoria "jogos de ação" é específica o suficiente para explicar as melhorias cognitivas. Pesquisas recentes sugerem que os aprimoramentos podem não vir do gênero como um todo, mas de elementos e mecânicas específicas encontradas em determinados jogos. Estudos demonstram que o treino intensivo pode melhorar habilidades pontuais, como a velocidade de codificação para a memória visual de curto prazo (Wilms; Petersen; Vangkilde, 2013), e que os ganhos cognitivos podem ser específicos às demandas da tarefa treinada, em vez de gerais (Oei; Patterson, 2014). Consolidando essa visão, a meta-análise de Serrano-Mendivil et al. (2023) foca exatamente em como mecânicas individuais, e não o gênero de forma ampla, se correlacionam com ganhos cognitivos. Isso sugere que futuras investigações poderiam se beneficiar da análise das mecânicas específicas dos jogos FPS praticados pelos participantes.

A diferença na estrutura de desempenho entre os grupos, conforme visualizado na Figura 4, é um dos achados mais informativos deste estudo. A distribuição do grupo de Jogadores aproxima-se de uma curva simétrica, consistente com uma distribuição normal, sugerindo um desempenho mais homogêneo e previsível. Em contrapartida, a distribuição do grupo de Não Jogadores é marcadamente assimétrica à direita (*right-skewed*). Este padrão não deve ser visto como uma anomalia da amostra, mas sim como um reflexo de um princípio fundamental da psicofísica: a distribuição do tempo de reação em populações não treinadas raramente é normal (Luce, 1986). A assimetria é esperada, pois existe um limite fisiológico para a rapidez de uma resposta, mas não há um limite para a sua lentidão, que pode ser afetada por lapsos momentâneos de atenção (Ratcliff, 1993). Portanto, a não normalidade do grupo de não jogadores é, na verdade, um achado consistente com a teoria. Isso torna a simetria no grupo de jogadores ainda mais significativa, sugerindo que o treinamento com jogos de ação não apenas reduz o tempo de reação médio, mas também

promove uma maior consistência atencional, "normalizando" o desempenho ao reduzir a frequência de respostas excessivamente lentas (Whelan, 2008).

Uma observação relevante, feita durante o pré-processamento dos dados, foi a maior incidência de respostas com latências implausivelmente curtas consideradas "sobre-humanas", no grupo de jogadores. Este padrão sugere uma forte tendência à antecipação neste grupo. É plausível que a experiência extensiva em jogos de ação, que frequentemente recompensam a predição de eventos, leve os jogadores a adotarem uma estratégia de resposta mais proativa e arriscada, tentando "adivinhar" o momento do estímulo. Embora essas respostas antecipatórias devam ser tratadas como artefatos e removidas da análise do tempo de reação fisiológico, elas são, em si, um dado comportamental que pode diferenciar a estratégia de resposta entre os grupos.

5.2 Contribuição Metodológica e Relevância do Estudo

Adicionalmente, a análise visual do viés de medição (Figura 2) revelou um padrão secundário de interesse: a magnitude do erro de medição se mostrou muito mais variável no grupo de Jogadores do que no de Não Jogadores. Enquanto para a maioria dos não jogadores o viés foi consistentemente alto, para os jogadores ele variou de moderado a muito alto. Embora este não fosse um objetivo central do estudo, esta observação exploratória sugere que o erro do sistema pode não ser uma constante, mas sim interagir com o comportamento do usuário. Uma hipótese é que diferentes estilos de resposta motora, talvez mais diversificados entre os jogadores experientes, possam modular a latência do software de formas distintas. Este é um achado que justifica investigações futuras sobre a interação entre o comportamento do usuário e a precisão de dispositivos móveis.

A relevância destes achados reside na intersecção de duas tendências atuais: a ubiquidade dos smartphones como ferramentas de coleta de dados e o crescente impacto cultural e cognitivo dos videogames. A capacidade de usar smartphones para avaliações cognitivas em larga escala, fora de laboratórios, representa uma oportunidade imensa para a saúde pública e a neurociência. No entanto, essa promessa depende criticamente da validade das medições. A principal contribuição deste estudo para a literatura é, portanto, metodológica: ao quantificar um erro de quase meio segundo, o trabalho oferece uma evidência empírica robusta que alerta sobre os perigos de se utilizar métodos não validados e estabelece a sincronização acústica como um procedimento necessário. Adicionalmente, o

estudo oferece uma contribuição empírica: mesmo sendo um estudo piloto, ele fornece uma estimativa de tamanho de efeito para a diferença de TR entre jogadores e não jogadores. Este dado é de extrema importância, pois serve como um parâmetro fundamental para que futuras pesquisas possam ser desenhadas com um poder estatístico adequado, evitando o desperdício de recursos e aumentando a probabilidade de se obter resultados conclusivos.

5.3 Limitações e Direcionamentos Futuros

A discrepância entre o efeito prático observado (diferença de 91 ms nas médias, efeito de tamanho médio) e a ausência de significância estatística é a principal evidência de que o estudo foi subdimensionado. Uma análise de poder preliminar indicou que a amostra era insuficiente para detectar a diferença de forma confiável, caracterizando um alto risco de erro tipo II (falso negativo), conforme discutido por Button et al. (2013). O presente trabalho, portanto, não refuta a hipótese, mas a qualifica, posicionando-se como um estudo piloto bem-sucedido que quantifica a provável magnitude do efeito.

As limitações do estudo, primariamente o tamanho amostral, informam diretamente as recomendações para pesquisas futuras. É fundamental que um próximo estudo utilize a estimativa de efeito aqui encontrada para realizar uma análise de poder a priori e recrutar uma amostra adequada (aproximadamente 38 participantes por grupo). Adicionalmente, a classificação subjetiva dos "jogadores" deve ser aprimorada, utilizando critérios objetivos como *rankings* em jogos competitivos ou métricas de desempenho.

A principal contribuição deste trabalho está em destacar as limitações de métodos de medição baseados apenas em eventos lógicos (RTAlg) em comparação com medidas sincronizadas acusticamente (RTAudio). Ao evidenciar um viés sistemático considerável, este estudo fornece uma base crítica para que futuras pesquisas em psicofisiologia e neurociência cognitiva considerem com mais rigor os métodos de coleta de tempos de reação. Além disso, a discussão sobre jogadores e não jogadores, ainda que limitada pela amostra, abre caminho para investigações mais amplas sobre os efeitos do treinamento atencional em contextos de lazer e sua relação com desempenho cognitivo.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo comparar dois métodos de mensuração de tempo de reação auditiva por meio de smartphones, bem como investigar diferenças entre jogadores e não jogadores de videogame. Confirmou-se a existência de um viés sistemático no método de medição baseado apenas em software (RTAlg), que superestimou de forma expressiva o tempo de reação quando comparado ao método de sincronização acústica (RTAudio). Na comparação entre os grupos, embora não tenha sido encontrada uma diferença estatisticamente significativa, os jogadores apresentaram uma clara tendência a tempos de reação mais rápidos. Análises complementares, como a do tamanho de efeito, reforçaram essa tendência, sugerindo uma diferença de relevância prática entre os grupos.

Entre as limitações do trabalho, destaca-se o número reduzido de participantes, o que reduz o poder estatístico e pode ter impedido a detecção de diferenças com maior robustez. Ainda assim, o estudo contribui ao evidenciar que medidas baseadas apenas em eventos lógicos são problemáticas, reforçando a necessidade de métodos de sincronização mais precisos. Em termos práticos, este trabalho destaca a importância de desenvolver ferramentas confiáveis e acessíveis para a mensuração de tempos de reação. Tais ferramentas podem beneficiar não apenas a pesquisa em psicologia experimental e neurociência, mas também aplicações sociais em educação, esportes e saúde. Além disso, os resultados sugerem que investigações futuras, com amostras maiores e metodologias mais robustas — como desenhos de estudo longitudinais (de treinamento), critérios objetivos de *ranking* para a classificação dos jogadores e a inclusão de medidas neurofisiológicas, como o Eletroencefalograma (EEG) —, poderão confirmar se jogadores de videogame realmente apresentam desempenho superior em tarefas atencionais rápidas, como os dados aqui apontaram de forma preliminar.

REFERÊNCIAS

- BEDIOU, B. et al. Meta-analysis of action video game impact on cognition. **Frontiers in Psychology**, v. 9, p. 2127, 2018.
- BUTTON, K. S. et al. Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 14, n. 5, p. 365-376, 2013.
- COSTA, L. A. A. et al. Synchronization method for sound stimuli and motor responses in reaction time via smartphones. 2023.
- DE SOUZA, I. R. et al. Effects of cognitive interventions with video games on cognition in healthy elderly people: a systematic review. **Dementia & Neuropsychologia**, v. 17, p. e20220092, 2023.
- DER, G.; DEARY, I. J. Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. **Psychology and Aging**, v. 21, n. 1, p. 62-73, 2006.
- DYE, M. W. G.; GREEN, C. S.; BAVELIER, D. Increasing speed of processing with action video games. **Current Directions in Psychological Science**, v. 18, n. 6, p. 321-326, 2009.
- GREEN, C. S.; BAVELIER, D. Action video game modifies visual selective attention. **Nature**, v. 423, n. 6939, p. 534-537, 2003.
- GREEN, C. S.; BAVELIER, D.; DYE, M. W. G. A video game as a tool to train visual skills. In: **Cognitive plasticity: A neurocognitive approach**. New York: Psychology Press, 2010. p. 197-217.
- JONES, D. et al. Searching for the action video game advantage: a meta-analysis of grand means. **Technology, Mind, and Behavior**, v. 4, n. 4, 2023.
- KOSINSKI, R. J. A practical introduction to reaction time analysis in cognitive science. **Psychological Methods**, v. 13, n. 4, p. 321-344, 2008.

KUSS, D. J.; GRIFFITHS, M. D. Internet gaming addiction: A systematic review of empirical research. **International Journal of Mental Health and Addiction**, v. 10, n. 2, p. 278-296, 2012.

LUCE, R. D. **Response times: Their role in inferring elementary mental organization**. New York: Oxford University Press, 1986.

OEI, A. C.; PATTERSON, M. D. Are videogame training gains specific or general? **Frontiers in Psychology**, v. 4, p. 1010, 2014.

PALAU, M. et al. Neural basis of video gaming: A systematic review. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 11, p. 248, 2017.

PESQUISA GAME BRASIL (PGB). **Pesquisa Game Brasil 2024**. São Paulo: Sioux Group e Go Gamers, 2024. Disponível em: <https://www.pesquisagamebrasil.com.br/>. Acesso em: 24 set. 2025.

RATCLIFF, R. Methods for dealing with reaction time data. **Attention, Perception, & Psychophysics**, v. 54, n. 4, p. 438-456, 1993.

SERRANO-MENDÍVIL, A. et al. Putting the “action” in action video games: a systematic review and meta-analysis of the effects of specific video game mechanics on cognitive outcomes. **PLOS ONE**, v. 18, n. 5, p. e0285925, 2023.

SMITH, E. T. et al. A game-factors approach to cognitive benefits from video-game training: a meta-analysis. **PLOS ONE**, v. 18, n. 8, p. e0290321, 2023.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA (SBP). Departamento Científico de Adolescência. **#Game_ON: riscos e benefícios do uso de jogos eletrônicos por crianças e adolescentes**. Porto Alegre: SBP, 2023.

TOTH, A. et al. Video games and board games: effects of playing practice on cognition. **PLOS ONE**, v. 18, n. 3, p. e0282713, 2023.

ULRICH, R.; MILLER, J. Effects of variance on reaction time: a case study of the "slow-down" effect. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 20, n. 3, p. 570-589, 1994.

WHELAN, R. Effective analysis of reaction time data. **The Psychological Record**, v. 58, n. 3, p. 475-487, 2008.

WILMS, I. L.; PETERSEN, A.; VANGKILDE, S. Intensive video gaming improves encoding speed to visual short-term memory in young male adults. **Acta Psychologica**, v. 142, n. 1, p. 108-118, 2013.