



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL - IUVI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EDUCACIONAL

IANY TÂMILLA PEREIRA BATISTA

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE TESTE DE MEMÓRIA E
APRENDIZAGEM BASEADO EM INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR EM
VERSÃO DIGITAL

FORTALEZA

2023

IANY TÂMILLA PEREIRA BATISTA

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE TESTE DE MEMÓRIA E APRENDIZAGEM
BASEADO EM INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR EM VERSÃO DIGITAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.
Área de concentração: Educação.

Orientador: Prof. Dr. Edgar Marçal de Barros Filho.

FORTALEZA

2023

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)

B333d Batista, Iany Tâmillá Pereira.

Desenvolvimento e validação de teste de memória e aprendizagem baseado em interface cérebro-computador em versão digital / Iany Tâmillá Pereira Batista. – 2023.
74 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Instituto UFC Virtual, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Edgar Marçal de Barros Filho.

1. Teste de memória e de aprendizagem. 2. Teste de aprendizado verbal auditivo de Rey. 3. Interfaces cérebro-computador. I. Título.

CDD 371.33

IANY TÂMILLA PEREIRA BATISTA

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE TESTE DE MEMÓRIA E APRENDIZAGEM
BASEADO EM INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR EM VERSÃO DIGITAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.
Área de concentração: Educação.

Aprovada em: 21/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Arnaldo Aires Peixoto Junior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Eduardo de Souza Menezes
Centro Universitário Christus

A Deus.

Aos meus pais, Inês e João.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me confiou essa missão grandiosa me oferecendo a paz necessária e me conduzindo em cada linha escrita.

Aos meu pais fieis, Inês e João. Mainha pelo amor fervoroso cheio de calor. E Paim pelo carinho e direcionamento e por ser a minha inspiração à docência.

À minha, doce Maria Isis, pelo carinho e amor, tornando tudo especial.

À Instituição UFC, pelo espaço de fomento à pesquisa.

Ao Prof. Dr. Edgar Marçal de Barros Filho, pela orientação valiosa.

Aos meus queridos professores do PPGTE e professores colaboradores desta pesquisa.

Aos participantes da pesquisa, pelo tempo concedido nas entrevistas.

Aos colegas da turma de mestrado e amigos, pelas reflexões e sugestões recebidas.

“Os esforços da pesquisa que antecipam diagnósticos neurológicos, garantem, no mínimo, que a longo prazo se possa mais cedo possível diminuir os danos e preencher lacunas ainda evidenciadas na Neuroeducação” (CHANG *et al.*, 2021; PENG *et al.*, 2019).

RESUMO

O crescimento da população idosa teve sua razão a partir da melhoria na qualidade de vida e aumento de políticas públicas de saúde que contribuíram para um cuidado mais preventivo, prolongando assim a expectativa de vida. A saúde desse grupo requer atenção especial, principalmente, para aqueles que apresentam declínio importante nas funções de vida diárias até a perda total da autonomia. Sendo assim, o objetivo geral do estudo foi construir um teste cognitivo computadorizado, por meio de um sistema e uma interface cérebro-computador (ICC), para possibilitar a avaliação da memória episódica e da aprendizagem em idosos. Trata-se de um estudo metodológico com o desenvolvimento de uma interface chamada de Teste de Memória e Aprendizagem Digital via ICC (TMAD-ICC), seguido de abordagem experimental, com a fase de validação desta interface, feita com método quantitativo baseada na comparação com outro teste já estabelecido na literatura (o RAVLT, Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey). A amostra foi composta por 18 idosos (N=18). A coleta ocorreu, nas dependências do Serviço de Geriatria da Clínica Escola da Unichristus. Os testes se deram em dois momentos, na Visita I, os 7 idosos do Grupo 1 realizaram os procedimentos padrões e utilizaram o sistema TMAD-ICC, enquanto os 11 idosos do Grupo 2 realizaram os procedimentos padrões e passaram pela aplicação tradicional do teste RAVLT. Após um intervalo de pelo menos 14 dias, aconteceu a Visita II, que consistiu no inverso: o Grupo 1 realizou o teste tradicional e o Grupo II utilizou o Teste de Memória e Aprendizagem Digital – ICC. O principal resultado da pesquisa foi a presença de relação positiva e estatisticamente significativa entre a atividade medida pelo TMAD-ICC e o desempenho cognitivo avaliado pelo RAVLT, além de indicar que níveis mais altos de atividade THETA inicial estão associados a pontuações mais baixas no teste e que atividade GAMMA inicial mais alta está associada a pontuações mais elevadas no teste. Conclui-se que o TMAD-ICC encoraja a investigação para futuras pesquisas por possuir versatilidade para modificar o público, faixa etária, estendendo ainda a avaliação em participantes com histórico de doenças neurodegenerativas. Isso implica na possibilidade de rearranjos investigativos que tornem a neuroeducação cada dia próxima de trazer exatidão sobre os processos de aprendizado e declínio de memória. Após aplicação de teste NPS houve boa aceitação dos idosos.

Palavras-chave: teste de memória e de aprendizagem; teste de aprendizado verbal auditivo de Rey; interfaces cérebro-computador.

ABSTRACT

The reason for the growth of the elderly population was the improvement in quality of life and the increase in public health policies that contributed to more preventive care, thus prolonging life expectancy. The health of this group requires special attention, especially for those who experience a significant decline in daily life functions up to the point of total loss of autonomy. Therefore, the general objective of the study was to construct a computerized cognitive test, using a system and a brain-computer interface (ICC), to enable the assessment of episodic memory and learning in the elderly. This is a methodological study with the development of an interface called Digital Memory and Learning Test via ICC (TMAD-ICC), followed by an experimental approach, with the validation phase of this interface, carried out with a quantitative method based on comparison with another test already established in the literature (the RAVLT, Rey Auditory-Verbal Learning Test). The sample consisted of 18 elderly people (N=18). The collection took place on the premises of the Geriatrics Service of the Unichristus School Clinic. The tests took place in two moments, in Visit I, the 7 elderly people in Group 1 performed the standard procedures and used the TMAD-ICC system, while the 11 elderly people in Group 2 underwent standard procedures and underwent the traditional application of the RAVLT test. After an interval of at least 14 days, Visit II took place, which consisted of the opposite: Group 1 performed the traditional test and Group II used the Digital Memory and Learning Test – ICC. The main result of the research was the presence of a positive and statistically significant relationship between activity measured by TMAD-ICC and cognitive performance assessed by RAVLT, in addition to indicating that higher levels of initial THETA activity are associated with lower test scores and that higher initial GAMMA activity is associated with higher test scores. It is concluded that the TMAD-ICC encourages investigation for future research as it has the versatility to modify the audience, age group, and also extends the evaluation to participants with a history of neurodegenerative diseases. This implies the possibility of investigative rearrangements that make neuroeducation closer every day to bringing accuracy to the processes of learning and memory decline. After applying the NPS test, there was good acceptance among the elderly.

Keywords: memory and learning test; Rey auditory verbal learning test; brain-computer interfaces.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão geral do desenho do estudo de campo.....	32
Figura 2 – Ilustração de como funcionou a utilização do TMAD – ICC.....	34
Figura 3 – Tela inicial.....	35
Figura 4 – Opções de calibração do sistema.....	36
Figura 5 – Calibração do microfone.....	36
Figura 6 – Calibração do microfone finalizada.....	37
Figura 7 – Calibração do som.....	37
Figura 8 – Calibração finalizada.....	38
Figura 9 – Informações da lista A.....	38
Figura 10 – Repetição lista A.....	39
Figura 11 – Respondendo lista A.....	39
Figura 12 – Repetição lista B.....	40
Figura 13 – Respondendo lista B.....	40
Figura 14 – Intervalo.....	41
Figura 15 – Respondendo lista A sem repetição.....	41
Figura 16 – Etapa de reconhecimento.....	42
Figura 17 – Pontuação.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise dos componentes do TMAD-ICC e RAVLT	47
Gráfico 2 – Validação convergente do TMAD-ICC com RAVLT	49
Gráfico 3 – Resultados de onda convertidos em porcentagem.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil descritivo da amostra.....	44
Tabela 2 – Comparação sociodemográfica entre os grupos de estudo	45
Tabela 3 – Comparação de valores de ondas entre os grupos de estudo	49
Tabela 4 – Correlações entre TMAD-ICC – Média dos Scores A1 a A5 e Ondas.	51
Tabela 5 – Correlações entre TMAD-ICC-Reconhecimento e Ondas.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARCS	Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CCG	Capacidade Cognitiva Geral
CCL	Comprometimento Cognitivo Leve
CEU	Clínica Escola da UNICHRISTUS
ICC	Interface Cérebro-Computador
NPS	Net Promoter Score
PPGTE	Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais
PTT	Produto Técnico-Tecnológico
RAVLT	Rey's Auditory Verbal Learning Test
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDAH	Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade
TMAD – ICC	Teste de Memória e Aprendizagem Digital – ICC
TEA	Transtorno do Espectro Autista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	JUSTIFICATIVA	17
3	OBJETIVOS.....	20
4	REVISÃO DE LITERATURA	21
4.1	Neuroeducação	21
4.2	Doenças neurodegenerativas e o resultado na aprendizagem dos idosos.....	22
4.3	Transtornos mentais relacionados à cognição e o resultado na aprendizagem	24
4.4	Memória episódica (Memória de longo prazo – Declarativa) e o Teste de Aprendizagem RAVLT.....	24
5	METODOLOGIA.....	27
5.1	Tipos de pesquisa	27
5.2	Fase de Desenvolvimento e validação da interface	27
5.3	Local do estudo.....	39
5.4	Delineamento da fase experimental.....	39
5.5	População de estudo.....	39
5.6	Análise estatística.....	40
5.7	Aspectos éticos	40
6	RESULTADOS	43
7	DISCUSSÃO.....	53
8	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	67
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO.....	73

1 INTRODUÇÃO

A melhoria na qualidade de vida e aumento de políticas públicas de saúde justifica o crescimento que a população idosa teve nas últimas décadas, e isso contribuiu para um cuidado de saúde mais preventivo, prolongando assim a expectativa de vida. Acompanhando essa a crescente houve o aumento das doenças próprias desse grupo (Miranda; Mendes; Da Silva, 2016). A saúde desse grupo requer atenção especial, principalmente, para aqueles que apresentam declínio importante nas funções de vida diárias até a perda total da autonomia.

Patologias que envolvem o declínio cognitivo do idoso comprometem diretamente seu cotidiano e remodelamento cognitivo para novo aprendizado. Pesquisadores antecipam que a detecção do declínio cognitivo e a aplicação de intervenções a indivíduos em risco nesta fase inicial podem ser mais eficazes na preservação da função cognitiva (Peng *et al.*, 2019). Assim, esforços para antecipar diagnósticos garantem, no mínimo, que a longo prazo se possa mais cedo possível diminuir os danos.

Sob o aspecto educacional, o interesse da terceira idade em iniciar ou retomar os estudos é um fator de proteção consistente a favor da redução de queixas cognitivas. Por isso, a educação pode ser considerada como uma exposição ao longo da vida que aumenta a reserva cognitiva favorecendo o prolongamento da autonomia dos idosos (Iso-Markku *et al.*, 2022).

Contudo, ao se pensar nas repercussões para a aprendizagem e qualidade de vida dos idosos é primordial avaliar a cognição sob os mais diversos aspectos. O termo cognição tem como sinônimo a atuação de conhecimento que envolve a coativação integrada de vários instrumentos ou ferramentas mentais como atenção, percepção, processamento (simultâneo e sucessivo), memória (curto prazo, longo prazo e de trabalho), raciocínio, visualização, planificação, resolução de problemas, execução e expressão de informação (Fonseca, 2014).

Esse efeito torna a cognição um campo sistêmico que é capaz de ativar a aprendizagem humana na medida em que provoca mudança de comportamento. A inteligência e a memória são essenciais para a aprendizagem, mas seus efeitos ainda são controversos. A memória é um processo mental para recuperar informações armazenadas depois de um tempo e não é uma construção unitária, mas sim uma inter-relação nos subsistemas. A memória é dividida em três tipos: memória sensorial, memória de curto prazo e memória de longo prazo (Fard *et al.*, 2016).

Um dos testes cognitivos mais utilizados em idosos para avaliação da aprendizagem e memória é o RAVLT (*Rey's Auditory Verbal Learning Test*) (Gottlieb *et al.*, 2022). A partir da aplicação dele é possível observar a curva de aprendizado, demonstrando a capacidade relativa

de memória e o nível de retenção do paciente. O teste auxilia na identificação do tipo de dificuldade de memorização, apontando indícios como maior dificuldade no armazenamento ou na recuperação das informações. Outra escala validada no Brasil é a Escala Wechsler de Inteligência para Adultos III (WAIS III) composta por 14 subtestes destinados à avaliação da capacidade intelectual global, da memória de curto prazo e memória de trabalho (Gonçalves *et al.*, 2023).

Outros testes de avaliação da memória episódica são usados em idosos, mas não possuem validação no Brasil com é o caso do teste *Episodic Repetition Memory* da University of Southern California (USC-REMT) onde é apresentada uma lista de substantivos comumente usados, assim como RAVLT, a fim de avaliar a sensibilidade para diferentes formas de memória, mas esse teste não apresenta curva de aprendizagem (Rojas-Barahona; Zegers; Ce, 2011). Em outro estudo os autores investigaram a memória episódica visual usando o Teste de Associação Visual baseado em imagens de objetos do cotidiano, animais, plantas ou alimentos em pacientes com Comprometimento Cognitivo Leve (Meyer *et al.*, 2018).

Abordagens inovadoras para avaliar a memória episódica que unam o teste tradicional a acessórios que prendam a atenção do paciente são bem-vindas pois adicionam efeitos e com isso as respostas na avaliação ganham um novo olhar. No estudo de Rekers e Niedeggen (2022), utilizou-se teste de memória episódica com a presença de navegação espacial em que os participantes são solicitados a memorizar e recordar uma sequência de movimentos na sala de exame.

Os testes neuropsicológicos em geral apresentam baixa demanda do equipamento técnico e exigem poucas habilidades do paciente, mas também não trazem aspectos essenciais como o comportamento das áreas cerebrais específicas ao mesmo tempo em que avaliam (Rekers; Niedeggen, 2022). Somado a isso uma avaliação neuropsicológica específica adequada aos propósitos de intervenção e viável economicamente tem sido um desafio para a saúde brasileira.

2 JUSTIFICATIVA

A transição demográfica, vista nas últimas décadas, é resultado nos avanços no campo da saúde e da tecnologia que permitiram o acesso a serviços públicos ou privados adequados e uma melhor qualidade de vida para a população idosa. Estima-se para 2040, que os idosos irão representar 23,8% da população brasileira e uma proporção de quase 153 idosos para cada 100 jovens de 21 a 59 anos. Com o envelhecimento populacional cresce o número dos problemas de saúde nessa fase (Miranda; Mendes; Da Silva, 2016).

Parte desse complexo perfil epidemiológico é evidenciado pelas patologias neurodegenerativas que são caracterizadas pela destruição irreversível de neurônios, levando à perda progressiva e incapacitante de determinadas funções do sistema nervoso (Falco *et al.*, 2015). Síndromes demenciais, por exemplo, podem ser definidas como doenças de natureza crônica ou progressiva, em que se verificam défices cognitivos múltiplos, ao nível da memória, pensamento, orientação, compreensão, cálculo, linguagem, capacidade de aprendizagem e decisão (Bruxo, 2016). Assim, a detecção precoce e a intervenção antes da perda neuronal podem maximizar o efeito benéfico de novas terapias (Byun *et al.*, 2017).

A resignificação da condição do envelhecimento se reflete no surgimento de demandas específicas relativas à população idosa incluindo a educação (Azevedo; Viana, 2021). Nessa fase da vida comumente associada ao processo de aposentadoria e de diminuição da atividade intelectual e laboral, tem cedido espaço para um cenário no qual os idosos sentem o desejo de permanecer ativos e engajados em atividades que permitam a satisfação (Pereira; Couto; Scorsolini-Comin, 2015). Com aspirações educacionais e profissionais a retomada aos estudos os tornam capazes de novos aprendizados, sendo área de interesse de pesquisas que propicie avaliação de aprendizagem.

Estudos relevantes têm levantado esforços para mapear o cérebro e traçar possíveis alterações o mais precocemente possível a fim de antecipar problemas cognitivos que bloqueiam o avanço do aprendizado. O estudo de Lucas e Silva (2020) além do diagnóstico através de ressonância magnética, incluiu técnicas de Aprendizado de Máquina por meio de um sistema inteligente não invasivo, como apoio ao diagnóstico por imagem e por representar baixo custo computacional para o treinamento. Exames neuropsicológicos como o Mini Exame do Estado Mental combinado com ressonância magnética servem para comparar grupos na tentativa de encontrar características discriminativas sutis no cérebro humano, podendo antecipar o diagnóstico da Doença de Alzheimer (Qiao; Chen; Zhu, 2021).

Sob o aspecto da fisiologia do envelhecimento cerebral, a investigação do Comprometimento Cognitivo Leve (CCL) por exemplo limitada a memória também é realizada através de biomarcadores de ressonância magnética funcional em uma análise de interação psicofisiológica (PPI) (Burggren; Brown, 2015), tomografia por emissão de pósitrons (PET) e biomarcadores do líquido cefalorraquidiano (LCR) (Byun *et al.*, 2017) ou ainda pelo metabolismo energético cerebral (glicose e acetoacetato) e algumas características morfológicas cerebrais (Croteau *et al.*, 2018).

Outra tecnologia que tem sido utilizada de forma exitosa no mapeamento cognitivo em pessoas com transtornos neurológicos é a Interface Cérebro-Computador (ICC). Em Amaral *et al.* (2018), os autores desenvolveram um sistema com realidade virtual e ICC para treinar habilidades de cognição social em pacientes com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Entre os principais resultados, destacam o forte engajamento dos participantes e melhorias em medidas neuropsicológicas secundárias. No entanto, precisam ser aprimorados para o mapeamento de outras áreas cognitivas.

Em outro estudo, os autores apresentaram o desenvolvimento de um jogo controlado por ICC voltado para auxiliar a detecção de Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) em crianças (Marçal *et al.*, 2022). O estudo aponta fatores positivos, como a boa adesão dos participantes, mas indica que novas pesquisas são necessárias para se poder afirmar que as ICCs podem auxiliar na detecção efetiva de TDAH. Já para avaliação em idosos, a ICC também vem sendo utilizada em estudos que envolvem pacientes com histórico de Doença de Alzheimer ou em idosos com declínio cognitivo importante (Tayebi *et al.*, 2023).

Soluções computadorizadas com jogos digitais podem trazer ganhos à cognição, ao humor e à diminuição da frequência de queixas de memória em pessoas idosas (Ordóñez *et al.*, 2017). Outros estudos têm utilizado os jogos digitais para trabalhar aspectos cognitivos como a resolução de problemas e a tomada de decisão em pacientes com demência (Mezrar; Bendella, 2022). A principal razão apontada pelas pesquisas para o uso efetivo dos jogos digitais em testes e treinamentos cognitivos é o aumento do engajamento do paciente.

Entretanto, não está claro se esses jogos que treinam a cognição são clinicamente significativos e se podem determinar se o comprometimento cognitivo inicial pode ser retardado, oferecendo suporte para a recuperação (Meyer *et al.*, 2018). Assim, a complementariedade da avaliação cognitiva com ICC deste estudo se faz necessária porque as abordagens para esse fim demonstram-se limitadas pelo seu teor e complexidade. A confirmação das áreas cognitivas que são responsáveis pelos circuitos que desencadeiam a memorização, contribui significativamente para as futuras descobertas e avanços da

neurociência.

Neste sentido, torna-se relevante a condução de novas pesquisas que envolvam a construção e validação de diferentes estratégias de avaliação cognitiva em idosos para se verificar as possíveis causas das doenças demências e limitações no aprendizado direcionando a hipótese deste estudo: o Teste de Memória e Aprendizagem Digital com Interface Cérebro-computador (TMAD-ICC) é eficaz para avaliar a cognição.

3 OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivo geral a construção de um teste cognitivo computadorizado, por meio de um sistema e uma interface cérebro-computador (ICC), para possibilitar a avaliação da memória episódica e da aprendizagem em idosos. Como objetivos específicos tem-se:

- Desenvolver um sistema controlado com ICC direcionado para testagem de memória verbal e de aprendizagem: o Teste de Memória e Aprendizagem Digital – ICC (TMAD-ICC);
- Validar a utilização do sistema de Teste de Memória e Aprendizagem Digital – ICC, desenvolvido nesta pesquisa, com um grupo de idosos;
- Analisar os dados relacionados ao desempenho dos idosos quanto ao uso do sistema com a ICC;
- Aplicar e comparar o resultado do teste cognitivo tradicional RAVLT (*Rey's Auditory Verbal Learning Test*), teste validado no Brasil para avaliação de aprendizagem e memória episódica, com o desempenho dos idosos quanto ao uso do sistema TMAD-ICC; e
- Aplicar questionário de usabilidade sobre o sistema, construído para se verificar a satisfação do usuário.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Neuroeducação

Lacunas entre a pesquisa neurocientífica e a prática educacional são perceptíveis em grande parte dos estudos com essas temáticas (Chang *et al.*, 2021). Esse distanciamento é verificado não somente pela escassez de informação, mas substancialmente pela grandeza dos seus níveis de organização (Horvath; Donoghue, 2016). Essa característica aceita em todos os campos científicos, pode ser traduzida com o aumento gradual de conteúdo de cada campo de conhecimento, levando a propriedades tão específicas que os tornam distantes dentre seus níveis adjacentes e ainda mais distantes de outros campos de conhecimento.

Pesquisadores quando procuram explicar, por exemplo, uma doença viral a nível celular, tecidual ou sistêmico, utilizam um conjunto único de definições e ferramentas para cada um desses níveis que representam uma maneira válida de elucidar tal doença, mas difícil de relacioná-los significativamente (Horvath; Donoghue, 2016). Assim surge o conceito de incomensurabilidade perfeitamente aplicável quando se trata da lacuna entre neurociência e prática educacional, pois a grandeza de organização destes dois campos não permite a junção dos dois com elo consistente. O próprio vocabulário de cada um não pode ser comparado já que não possuem a mesma equivalência.

Portanto, as razões para a compreensão insociável sobre a Neuroeducação, fica lógica quando se entende que só se pode construir pontes prescritivas significativas entre níveis adjacentes de organização. Essa ponte entre a neurociência cognitiva e a educação deve ser construída por meio de domínios intermediários, como a psicologia (Chang *et al.*, 2021). Enquanto pesquisadores neurocientistas investigam memória, atenção e motivação, os psicólogos investigam o conhecimento e a Pedagogia melhores práticas em sala de aula. Entretanto, propriedades da Psicologia podem não ser tão previsíveis ou não existem em uma tradução para o campo educacional.

A Neuroeducação fornece teoria por meio da interação interdisciplinar com um esforço para a compreensão sobre aprendizagem e educação enfrentando desafios éticos para trazer adequadamente as descobertas da neurociência para sala de aula (Hardiman *et al.*, 2012). Nesse sentido, esse campo de estudo representa o resultado de pesquisas relevantes das neurociências e sua transmissão para comunidade educacional, bem como interpretação e aplicação objetiva e adequada. Para isso é imprescindível compreender as bases cognitivas que levam à aprendizagem.

4.2 Doenças neurodegenerativas e o resultado na aprendizagem dos idosos

O processo de aprendizagem depende da determinação de objetivos, de planejamento para executá-los, de controle sobre os passos estabelecidos, acessórios fundamentais que só serão bem executados através de um bom desempenho cognitivo (Corso *et al.*, 2013). Para garantir a condição fundamental de autonomia, aprendizagem e realização das atividades diárias da vida é necessário que haja a manutenção dos processos cognitivos e suas habilidades como a memória. Os estudos com treino de memória em idosos já demonstram que os mesmos possuem capacidade de aprender e empregar estratégias mnemônicas, tornando a gravação e a evocação de informações novas mais eficazes (Carvalho; Neri; Yassuda, 2010).

Por outro lado, os déficits nesses processos cognitivos são identificados em indivíduos com dificuldades de compreensão (Torre; Temprado, 2022). O desenvolvimento de transtornos emocionais, comportamentais e degenerativo é risco iminente para as funções cognitivas (Dias; Seabra, 2013). Quando existem falhas nos processos ligados à essas funções, passa a existir também a perda da capacidade de planejamento, a execução de tarefas complexas, a seleção, o estabelecimento de objetivos, e o monitoramento e sequenciamento de ações, possibilitando escolhas erradas, que possivelmente não vão se adaptar bem ao ambiente. Embora a cognição humana não possa ser reduzida ao modelo de processamento de informação puro, vale simplificar que a aprendizagem precisa de uma mudança de comportamento a qual espelha experiência prolongada de no mínimo 2000 horas de prática sistêmica, obedecendo às sequências de operações realizadas pelas ferramentas mentais já mencionadas (Fonseca, 2014). Dentro desse contexto, é possível classificar ainda o dinamismo cognitivo sob os três campos: função de input, de recepção ou de captação; funções de integração, retenção e de planificação; funções de output, de execução ou de expressão.

Alguns déficits cognitivos são esperados com o envelhecimento e incluem tanto a diminuição da memória operacional quanto da memória episódica. A alteração mais perceptível pelos idosos é a memória, já que a mesma modifica a rotina do idoso e é um elemento importante na dependência de parentes, na realização das tarefas de vida diárias ou do novo aprendizado (Carvalho; Neri; Yassuda, 2010). Em estudos que avaliam tarefas de aprendizagem com lista de palavras ou tarefas de memória combinadas a repetição de palavras demonstraram que escores de idosos saudáveis diminuem com o aumento da idade (Vandenberghe *et al.*, 2015; Moutoussamy *et al.*, 2022).

A Demência, por exemplo, é caracterizada pela perda patológica da memória e é diagnosticada quando: houverem sintomas cognitivos ou comportamentais (neuropsiquiátricos)

que interferem com a habilidade no trabalho ou em atividades usuais, representam declínio em relação a níveis prévios de funcionamento e desempenho e não são explicáveis por delírium (estado confusional agudo) ou doença psiquiátrica maior (Falco *et al.*, 2015). A doença de Alzheimer (DA) é a demência que representa a forma mais comum de demência em idosos e pelo seu comprometimento na autonomia dos idosos é que declarações são enfáticas quanto a necessidade de reconhecimento precoce através de avaliações clínicas, neuropsicológicas e de imagem (Petrella; Coleman; Doraiswamy, 2003).

Já por Comprometimento Cognitivo Leve (CCL) entende-se como uma condição clínica caracterizada por uma redução na memória e/ou outros processos cognitivos que são insuficientemente graves para serem diagnosticados como demência, mas são mais pronunciados do que o declínio cognitivo associado ao envelhecimento normal com discreta perda de memória (Peng *et al.*, 2019). Neste caso as habilidades cognitivas estão preservadas, mas os sinais de declínio não são próprios do envelhecimento. Lembrar de compromissos eventos familiares, feriados e medicamentos e reunir registros fiscais, negócios ou outros papéis são características de comprometimento cognitivo clinicamente significativo (Brown, 2011).

Existem evidências científicas da relação entre a deterioração da memória episódica e várias doenças degenerativas e psiquiátricas na terceira idade. Por exemplo, representa um sintoma principal em pacientes com doença de Alzheimer e comprometimento cognitivo (Rojas-Barahona.; Zegers; Ce, 2011). O Alzheimer é um dos diagnósticos mais frequente de deterioração do nível cognitivo, assim como a demência.

Para o Comprometimento Cognitivo Leve (CCI) quando a ME apresenta déficits é uma medida significativa de comprometimento cognitivo mais grave no futuro (Chamberlain; Sprague; Ross, 2022). O CCL é um estágio que demonstra considerável heterogeneidade e é apresentado por indivíduos com alto risco de conversão para demência (Brown, 2011).

Nesse cenário, a limitação das atividades de vida diária dos idosos e sua aprendizagem é a motivação para buscar o tratamento de declínios cognitivos por influência dessas doenças neurológicas ou transtornos mentais já mencionados e melhora relacionada às dificuldades de aprendizagem. No entanto, para que se fale em memória e aprendizagem é necessário que haja uma avaliação cognitiva refinada.

4.3. Transtornos mentais relacionados à cognição e o resultado na aprendizagem

Os déficits na cognição são fatores de risco para o desenvolvimento de transtornos emocionais, comportamentais e psicóticos. Quando há falha nos processos ligados à essas

funções, passa a existir também perda da capacidade de planejamento, a execução de tarefas complexas, a seleção, o estabelecimento de objetivos, e o monitoramento e sequenciamento de ações, possibilitando escolhas erradas, que possivelmente não vão se adaptar bem ao ambiente (Dias; Seabra, 2013).

Embora a cognição humana não possa ser reduzida ao modelo de processamento de informação puro, vale simplificar que a aprendizagem precisa de uma mudança de comportamento a qual espelha experiência prolongada de no mínimo 2000 horas de prática sistêmica, obedecendo às sequências de operações realizadas pelas ferramentas mentais já mencionadas. Dentro desse contexto, é possível classificar ainda o dinamismo cognitivo sob os três campos: Função de input, de recepção ou de captação; funções de integração, retenção e de planificação; funções de output, de execução ou de expressão (Fonseca, 2014).

Estudos sugerem que déficits nas Funções Executivas são uma das principais causas do TDAH e explicam parte dos problemas na vida diária das crianças e adultos com esse distúrbio e de forma importante âmbito escolar e universitário (Rosa *et al.*, 2017). A disfunção nas Funções Executivas tem sido associada também Transtorno do Espectro do Autismo (TEA). Achados científicos apresentam semelhanças comportamentais entre pacientes com lesões do lobo frontal e indivíduos com TEA, o que se pode deduzir que alguns dos comportamentos sociais e não sociais cotidianos observados em indivíduos com TEA podem ser reflexo de alguma disfunção executiva (Robinson *et al.*, 2009).

Nesse cenário, as funções cognitivas estão incluídas no contexto das doenças mentais com isso, a avaliação cognitiva refinada com ferramentas inovadoras motiva a busca por resultados que possam diminuir queixas relacionadas às dificuldades de aprendizagem ou minimizar declínios cognitivos por influência dos transtornos mentais.

4.4 Memória episódica (Memória de longo prazo – Declarativa) e o Teste de Aprendizagem RAVLT

A memória episódica (ME) é classificada como memória de longo prazo do tipo declarativa por esta relacionada com a recuperação consciente de informações relacionadas a experiências vividas pelo indivíduo ou informações adquiridas. A memória declarativa episódica difere da memória declarativa semântica porque esta depende do contexto, já a semântica guarda somente o conceito das coisas e não guarda o seu contexto. Esse sistema de memória recorda eventos ou experiências dependentes de um contexto que aconteceram com a pessoa em um determinado tempo e espaço (Rojas-Barahona.; Zegers; Ce, 2011).

As redes neurais que são responsáveis por compelir a ME estão localizadas nos lobos temporais, o hipocampo e no *frontal lóbulo*. O hipocampo é a estrutura cerebral de conformação pequena que está mais associada a consolidação daquelas informações que correspondem a memória de longo prazo e também ao aprendizado (Ojea Ortega *et al.*, 2012). Portanto, alterações nessas regiões comprometem as associações cerebrais feitas para o resgate das informações a longo prazo.

Os instrumentos de avaliação cognitiva para serem validados passam por diversas etapas como adequação ao público alvo, análises qualitativas realizadas por quem aplica o teste e aspectos como aceitação, e relevância para os participantes envolvidos incluindo abrangência subjetiva (Pereira Batista; Marçal de Barros Filho; Sousa Rocha, 2023).

O RAVLT (*Rey Auditory Verbal Learning Test*) é um tipo de teste que avalia especificamente a memória episódica através da memória verbal (Gottlieb *et al.*, 2022). Seus principais componentes se dividem em três partes: primeiro, uma lista de 15 itens semanticamente não relacionados (lista A) é lido cinco vezes para o participante do teste, ao qual é solicitado que se lembre de tantos itens quanto puder lembrar após cada vez (tentativas 1–5). Em seguida, uma nova lista de interferências é introduzida (lista B) após o qual o participante é convidado a repetir a lista original. Na terceira parte, o participante é convidado a relembrar a lista original (lista A) após um intervalo de 20 a 40 minutos (tentativa 7). Um amplo número de medidas pode ser calculado a partir dos resultados do teste RAVLT, justificando a sua ampla utilização.

Uma das principais utilizações do teste RAVLT é para avaliação dos processos de aprendizagem. Estudos indicam que pacientes que apresentam dificuldades na capacidade de aprendizagem e de memorização tiveram resultado insuficiente no teste RAVLT. Isto se deve a alterações no aprendizado e na retenção de novas informações adquiridas, classificadas em diferentes níveis de comprometimento da memória episódica (Estévez-González *et al.*, 2003; Paula *et al.*, 2012; Cotta *et al.*, 2011; Derrer *et al.*, 2001).

A partir da aplicação do teste RAVLT é possível se observar a curva de aprendizado, demonstrando a capacidade relativa de memória e o nível de retenção do paciente (Bean, 2011). Ele mede vários índices de aprendizagem e memória, incluindo aprendizado a partir de tentativas, retenção, recordação tardia e memória de reconhecimento. Além disso, as medidas derivadas exploram processos mais complexos, incluindo interferência proativa (ou seja, a interferência causada pelas informações adquiridas primeiro na aquisição subsequente de novas informações) e interferência retroativa (ou seja, interferência causada por novas informações na recuperação de informações adquiridas anteriormente) (Dassanayake *et al.*, 2020).

Com o RAVLT os primeiros sintomas a serem observado são as alterações na capacidade de aprender e de reter novas informações (Cotta *et al.*, 2011). Ele busca fornecer uma classificação de diferentes níveis de comprometimento da memória episódica, o que favorece os achados para fins diagnósticos em idosos e sua correlação com a aprendizagem ou declínios cognitivos patológicos nesta faixa etária.

Outras abordagens de teste, por exemplo, avaliam a memória episódica por meio do aprendizado de orientação espacial memorizando uma sequência de movimentos (Rekers; Niedeggen, 2022). Outros autores para avaliar memória episódica utilizam combinações de lista de palavras diferentes (Vandenberghe *et al.*, 2015) e outros utilizaram listagem de palavras compostas apenas por substantivos de coisas concretas e combinadas com tarefas de memória (Moutoussamy *et al.*, 2022).

5 METODOLOGIA

5.1 Tipos de pesquisa

O presente trabalho trata-se de um estudo metodológico com o desenvolvimento de uma interface chamada inicialmente de Teste de Memória e Aprendizagem Digital - ICC, seguido de abordagem experimental, com a fase de validação desta interface, com método quantitativo baseado na comparação com outro teste já estabelecido na literatura chamado de RAVLT.

5.2 Fase de Desenvolvimento e validação da interface

Foi desenvolvido um sistema computacional, composto por um *software* de interação com o participante através de uma interface cérebro-computador, formada por uma touca de pano, com eletrodos para captação de ondas cerebrais, e o sistema do teste de memória. As ondas cerebrais, serão captadas pelo software sem o uso das mãos ou de comando de voz.

O Teste de Memória e Aprendizagem Digital associado a ICC é composto por áudio de palavras que são repetidas para a recordação do participante e o mesmo repete as palavras em sequência, gerando pontuação pelo próprio sistema ao final. A escolha das palavras do teste seguiu o mesmo padrão do teste cognitivo RAVLT obedecendo aos seguintes critérios: palavras comuns na língua portuguesa e substantivos.

A escolha das palavras do TMAD-ICC se deu a partir de estudos que também usaram palavras comuns da língua portuguesa e que foram adicionadas a testes cognitivos não havendo dificuldade na compreensão dos idosos (Aragão, 2020; O'donovan; Cornally; O'Caoimh, 2023). As fases de repetição foram escolhidas a partir de modificações dos procedimentos originais do teste RAVLT, assim como também é feito em outros estudos (Kormas *et al.*, 2018; Wood *et al.*, 2001).

As fases de repetição de palavras do TMAD-ICC são: A1, A2, A3, A4, A5, B, A6 e Reconhecimento. Nas fases de A1 até a A5 os participantes escutam um grupo de 15 palavras, e repetem o máximo de palavras que lembrar. A fase B, consiste em escutar um grupo de palavras diferentes da fase A. Esta fase B existe apenas para verificar o grau de distração e sua influência quando o participante responde a fase A6. A fase A6 segue as mesmas regras das fases A1 a A5. Por último, na fase de Reconhecimento o participante identifica entre um grupo maior de 30 palavras àquelas pertencentes ao grupamento A, a fim de verificar a recordação sem a repetição isolada das 15 palavras do grupo A.

A construção do sistema para o TMAD-ICC contou com a participação de

profissionais de diferentes áreas: psicologia, medicina (neurologia) e computação. Considerando a composição multidisciplinar da equipe envolvida nesta pesquisa, e com o objetivo de se produzir uma aplicação mais próxima às necessidades dos usuários, finais, optou-se pela utilização da metodologia *Co-Design*, em uma versão adaptada (Marçal; Andrade; Viana, 2017). A seguir, são descritos os passos que levaram a construção técnica do sistema em questão:

- Escopo. Esta fase inicia como garantia para o entendimento inicial da equipe dos objetivos e limitações do experimento com a aplicação. Destacando a integração da ICC como parte agregadora à usabilidade pelo usuário.
- Compreensão Compartilhada. Nessa fase, os contribuintes da pesquisa compartilham seus aprendizados e experiências de projetos anteriores e fazem o levantamento das condições e atores participantes dos diferentes cenários possíveis.
- *Brainstorming*. Nessa fase, são esboçadas as interfaces, requisitos de funcionalidade, tecnologias a serem adotadas entre outras características percebidas pela discussão da etapa anterior.
- Refinamento. É importante que correções e reavaliações sejam feitas após a aplicação começar a ser desenvolvida. Isso pode permitir rápidas adaptações dos requisitos garantindo o cumprimento hábil da ideia principal.
- Implementação. Essa etapa é iterativa e consiste em entregas incrementais de acordo com a definição dos requisitos e modelagem das interfaces.

As etapas III, IV e V se repetem de acordo com a necessidade de se corrigir erros de modelagem e desenvolvimento. Após o desenvolvimento de uma versão possível de teste e sem erros detectáveis, a aplicação é levada para a validação com usuários do grupo de experimento.

A seguir são apresentadas, em sequência, as principais funcionalidades do sistema.

- 1º) Tela de dados do usuário. Solicitação das informações do paciente: nome completo, idade, data de nascimento e escolaridade
- 2º) Tela de calibragem. Configuração da Interface Cérebro-Computador no usuário, para verificar se ela está captando corretamente as ondas cerebrais do paciente; e do microfone e do autofalante do computador, para ver se estão captando e reproduzindo os sons corretamente.
- 3º) Tela de instruções. Apresentação de como o teste pelo sistema funcionará, o passo-a-passo e instruções gerais para o paciente.

4º) Tela de execução do teste. Realização propriamente dita do teste, quando o sistema reproduzirá pausadamente as palavras, e, posteriormente, deverá captar os áudios com as palavras ditas pelo paciente e outras informações, como o tempo de resposta e a quantidade de tentativas. Esse funcionamento se repete ao longo das 8 etapas do TMAD-ICC.

5º) Tela de resultados simplificados. Apresentação, de forma resumida, do desempenho do paciente no teste.

6º) Tela de resultados detalhados. Apresentação exclusiva para o profissional da saúde da performance do paciente de forma detalhada.

O TMAD - ICC foi desenvolvido para ser utilizado em um computador pessoal comum (desktop) equipado com: monitor, alto falantes (caixa de som preferencialmente), microfone e entrada USB, além dos itens básicos. É possível executar a aplicação em um sistema operacional *Windows* 64 bits que esteja conectado à internet. Além do computador, é necessário a Interface Cérebro-Computador, que irá se comunicar com ele via conexão sem fio *Bluetooth*. A interface do sistema é a mais simples e objetiva possível, utiliza a placa de recepção de frequência de onda “*Open BCI Cyton Board*” que é usada para amostrar atividade cerebral (EEG) além de outras atividades fisiológicas como a muscular e a cardíaca (Peterson *et al.*, 2020). A placa se comunica sem fio com um computador através do dongle USB usando módulos de rádio Arduíno. A placa faz amostragem de dados a 250 Hz em cada um dos oito canais.

O Sistema de Aquisição de Dados de eletroencefalográficos foi implementado na linguagem Java e depende dos seguintes itens: Sistema Operacional baseado em 64 bits, placa gráfica semelhante a Intel HD Graphics 1000 ou superior. A aplicação de memória auditiva é implementada na linguagem *JavaScript* e roda em qualquer navegador, dependendo apenas do acesso ao microfone e sistema de áudio.

Através da ICC foram extraídos os registros eletroencefalográficos para análise da densidade de ondas de acordo como as frequências (DELTA, THETA, ALPHA, BETA E GAMMA) da ICC durante dois períodos: Etapa inicial do TMAD-ICC que compreende o registro do início da fase A1 até a A5 e Etapa final que registra as frequências do início da Fase de Reconhecimento do TMAD-ICC. Além dessa análise, foram extraídas as pontuações resultantes do Teste de Memória e Aprendizagem Digital combinado a ICC para avaliar a memória episódica e aprendizado. O desempenho cognitivo durante o uso do sistema computacional foi analisado e comparado com um teste neuropsicológico padrão de avaliação de domínios cognitivos, o RAVLT.

Após o uso deste sistema computacional com o uso da interface cérebro-

computador, foi realizada a coleta e análise dos dados quantitativos através do questionário escrito, NPS (*Net Promoter Score*) (Fisher; Kordupleski, 2018). O NPS é apresentado como a “métrica de cliente único de que você precisa” e calculado a partir resposta dos clientes a uma simples pergunta sobre sua lealdade. Considerando os sujeitos e o lócus da pesquisa, este instrumento foi escolhido por se tratar de uma forma simples e eficaz de se avaliar a satisfação do participante com o sistema que acabara de utilizar. As respostas coletadas foram registradas e analisadas estatisticamente.

5.3 Local do estudo

A pesquisa foi realizada no ano de 2023 no ambulatório de Geriatria da Clínica Escola da Unichristus com autorização prévia do Chefe do Serviço. Durante o período de dois meses foram realizados 2 encontros de aproximadamente 30 a 40 minutos para cada participante, marcados em dias diferentes, de acordo com a disponibilidade do mesmo e do profissional que aplicou o teste.

5.4 Delineamento da fase experimental

A aplicação das ferramentas já mencionadas nos participantes e a coleta dos dados deste estudo se deu conforme a descrição abaixo e estão ilustradas na Figura 1:

- Visita 1: 7 participantes do subgrupo I realizaram os procedimentos padrões (assinatura do termo de consentimento e resposta ao questionário social) seguidos da utilização do sistema TMAD-ICC (captação de ondas cerebrais através de elétrodos compostos por fios colocados na superfície da pele da cabeça, a ICC, ao mesmo tempo em que o computador repete as palavras do TMAD-ICC); enquanto os outros 11 participantes do subgrupo II realizaram os procedimentos padrões (assinaturado termo de consentimento e resposta ao questionário social) e passaram pela avaliação tradicional da memória com teste aplicado pela bolsista de psicologia, nesse caso o RAVLT.
- Visita 2: Após um prazo mínimo de 14 dias entre a primeira visita e segunda visita, ocorreu a reavaliação que consistiu no inverso da primeira avaliação: o subgrupo I realizou avaliação tradicional da memória RAVLT aplicado pela bolsista de psicologia e o subgrupo II utilizou o sistema de uso do computador, o TMAD-ICC.

5.5 População de estudo

Participaram desta pesquisa pessoas com idade entre 60 e 92 anos, conforme

estabelece o teste RAVLT. A amostra foi composta por 18 idosos (N=18). A condição colocada é que o participante estivesse em condições de utilizar o sistema e seja alfabetizado. Por se tratar de um sistema simples, com mínima interação do usuário, e ser supervisionado pelo aplicador da pesquisa, o participante não precisou ter conhecimentos de informática. Também não houve nenhum outro tipo de restrição quanto a gênero, condição social, nível de escolaridade ou qualquer outra característica que distinga os indivíduos. Todas essas informações foram coletadas e utilizadas na análise dos resultados.

Para a participação no estudo, o idoso ou responsável assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa, que foi explicado pelo aplicador do teste no ato da assinatura bem como o não ressarcimento de nenhuma espécie ao participante ou a seu responsável. Na sequência, após a assinatura do termo, foi realizada uma entrevista semiestruturada para investigar alguns aspectos relevantes da vida do participante, quando também, foi confirmada a elegibilidade do mesmo.

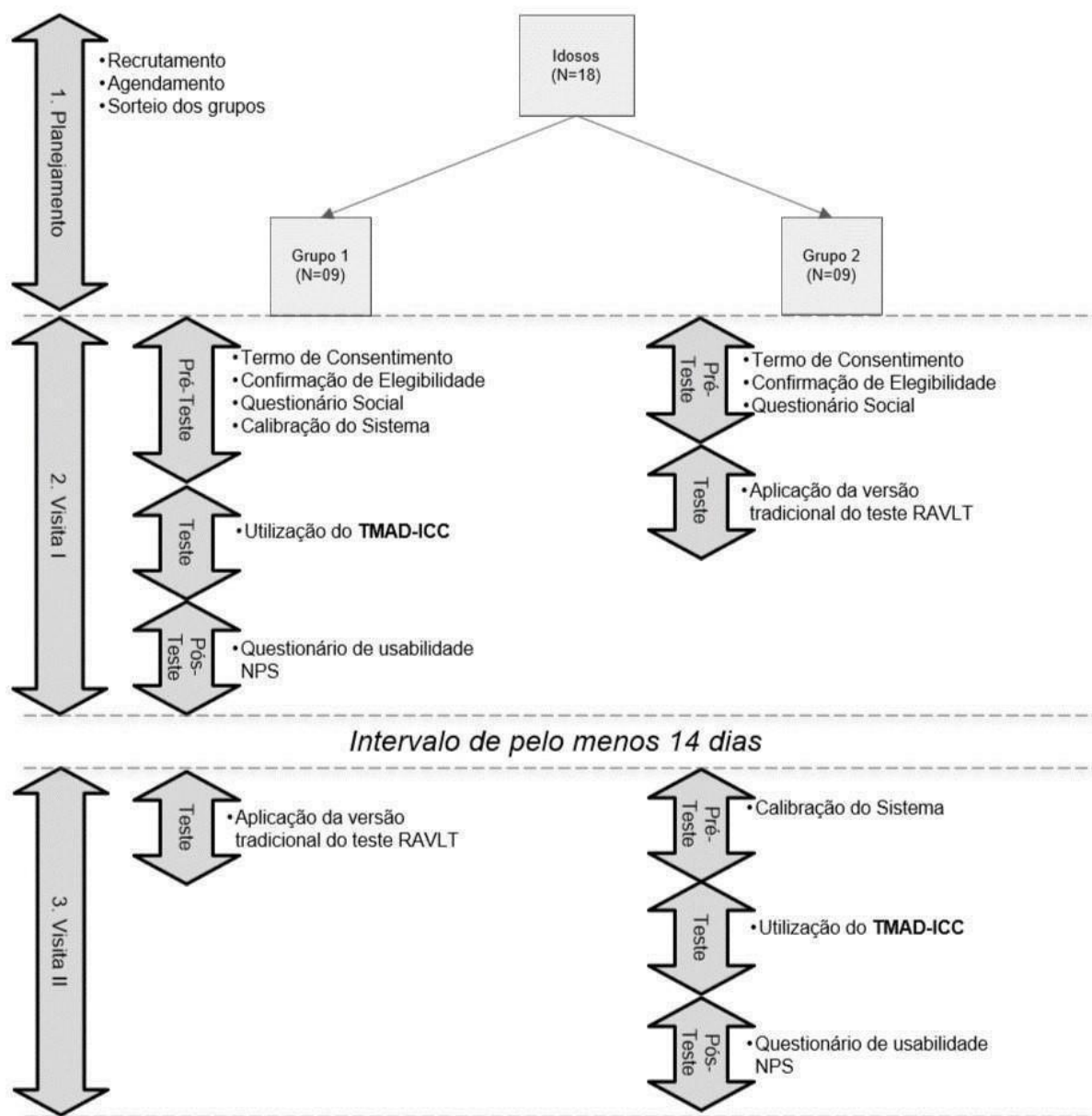
5.6 Análise estatística

Os resultados foram tabulados e analisados com o uso dos *softwares* Excel 2016 para *Windows*[®] e o programa estatístico R[®]. Variáveis categóricas foram expressadas número absoluto e percentuais. Para variáveis contínuas serão calculadas média e desvio-padrão, e em mediana, percentis, mínimo e máximo, frequência e taxa de prevalência. Para comparação entre as variáveis na investigação de associação entre as mesmas utilizou-se o teste de qui-quadrado de Pearson e o teste exato de Fisher. Será utilizado o valor $p < 0,05$ para identificar diferenças com significância estatística.

5.7 Aspectos éticos

Todos os participantes foram esclarecidos quanto aos procedimentos da pesquisa serão convidados a assinar um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). O Projeto de pesquisa (número CAAE 70198823.7.0000.5054) foi enviado para aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição e foi aprovado. Os resultados dos questionários de validação foram avaliados pelos pesquisadores. Todas as avaliações realizadas ficaram disponíveis para os participantes com a finalização do estudo.

Figura 1 – Visão geral do desenho do estudo de campo



Fonte: Elaborado pela autora.

Em ambas as visitas, aqueles participantes que utilizaram TMAD-ICC aguardaram a calibração do sistema, antes do teste, e após o teste, respondeu ao instrumento simplificado de satisfação, baseado no instrumento NPS.

Os procedimentos padrões consistiram em: assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); e entrevista para se confirmar a elegibilidade do participante e responder algumas questões sociais sobre ele.

Algumas observações importantes precisam ser destacadas. Os idosos de cada grupo não foram para o local do teste no mesmo dia. Com o agendamento se objetivou ver os

melhores horários para cada um deles. Todos os 18 participantes fizeram ambos os testes (TMAD-ICC e o RAVLT). A pesquisa foi realizada por uma equipe multidisciplinar composta por profissionais de diferentes áreas: enfermagem, informática, psicologia e medicina.

6 RESULTADOS

O principal Produto Técnico-Tecnológico (PTT) deste trabalho consiste em um aplicativo, integrado à uma Interface Cérebro-Computador: Teste de Memória e Aprendizagem Digital – ICC. A Figura 2 apresenta uma visão geral do PTT desse trabalho de Mestrado. Todas as telas do sistema estão apresentadas da Figura 3 até a Figura 17.

Figura 2 – Ilustração de como funcionou a utilização do TMAD – ICC



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 3 – Tela inicial



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4 – Opções de calibração do sistema



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5 – Calibração do microfone



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6 – Calibração do microfone finalizada



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7 – Calibração do som



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 8 – Calibração finalizada



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 9 – Informações da lista A



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 10 – Repetição lista A



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11 – Respondendo lista A



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 12 – Repetição lista B



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 13 – Respondendo lista B



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 14 – Intervalo



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15 – Respondendo lista A sem repetição



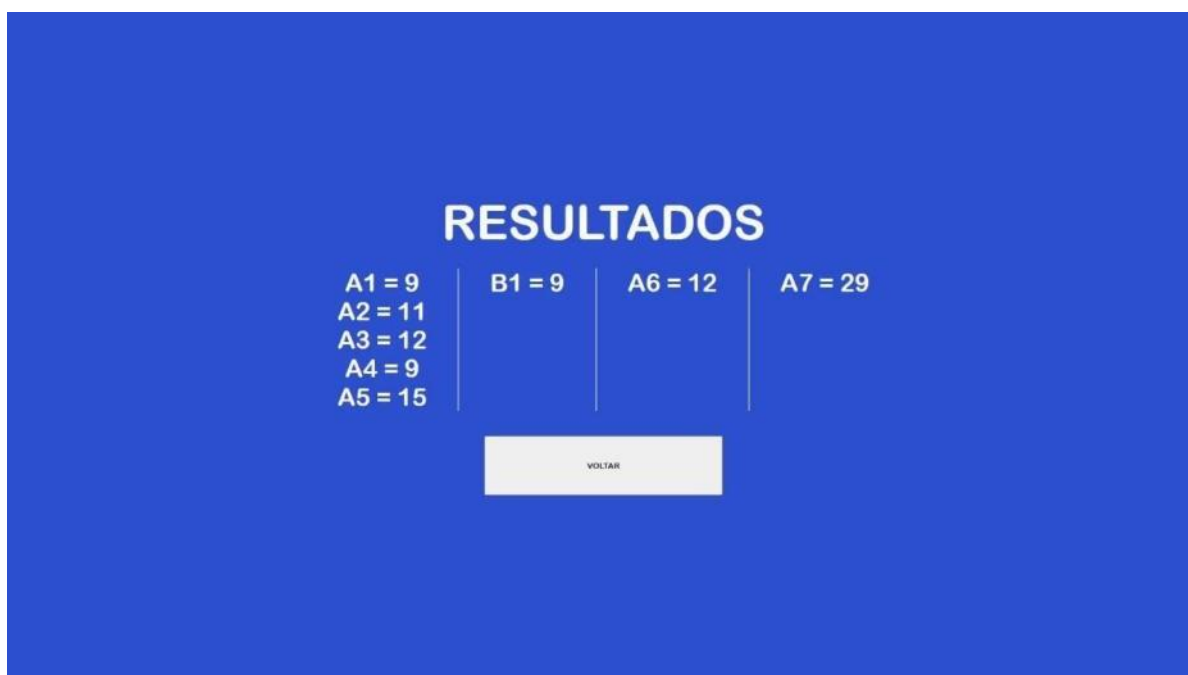
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 16 – Etapa de reconhecimento



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17 – Pontuação



Fonte: Elaborado pela autora.

Nessa etapa do estudo apresentam-se todos os resultados da pesquisa de campo. Todas as variáveis foram apresentadas em média e desvio-padrão, e em mediana, percentis, mínimo e máximo, frequência e taxa de prevalência. Na análise das características dos participantes foi utilizado o teste U de *Mann-Whitne*, verificada a não aderência dos dados à distribuição gaussiana. Na investigação de associação entre as variáveis categóricas utilizou-se o teste de qui-quadrado de Pearson e o teste exato de Fisher.

A análise da relação entre o TMAD-ICC e RAVLT (análise convergente) foi realizada pelo teste de correlação linear de *Spearman*, e os resultados foram analisados segundo a seguinte classificação: de 0,00 a 0,19 - correlação ausente ou muito fraca; de 0,20 a 0,39 - correlação fraca; de 0,40 a 0,59 - correlação moderada, de 0,60 a 0,79 - correlação forte e de 0,80 a 1,00 - correlação muito forte.

Adotou-se um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico R e *Microsoft Excel* 2016.

- **Perfil descritivo da amostra**

O presente artigo analisou uma amostra diversificada de participantes, divididos em dois grupos distintos, o Grupo 1 composto por 7 indivíduos (39%) e o Grupo 2 por 11 participantes (61%).

A média de idade da amostra foi de 67.5 anos, com um desvio padrão de 4.8 anos. Notavelmente, a distribuição por gênero demonstrou uma maioria feminina, com 13 participantes do sexo feminino (72%) em comparação com 5 participantes do sexo masculino (28%).

Em relação à religião, observou-se uma predominância do catolicismo, abrangendo 14 participantes (88%), enquanto a religião evangélica e outras representaram 1 participante cada (6.2%). Quanto aos hábitos de saúde, 2 participantes (11%) relataram o consumo de álcool, enquanto a maioria dos participantes era não fumante (44%), seguido por ex-tabagistas (50%) e tabagista atual (5.6%).

Os participantes também foram avaliados quanto ao histórico de esquecimento, com 8 indivíduos (44%) relatando experiências nessa área. Além disso, 5 participantes (28%) apresentaram sintomas de depressão, enquanto 7 (39%) relataram experiências relacionadas à ansiedade.

Esses resultados fornecem uma visão abrangente da amostra estudada, destacando a diversidade nas características demográficas e nos padrões de saúde mental e comportamental.

A Tabela 1 demonstra o perfil descritivo da amostra.

Tabela 1 – Perfil descritivo da amostra

Características	N = 18¹
Grupo	
Grupo 1	7 (39%)
Grupo 2	11 (61%)
Idade	67.5 ± 4.8 (67.5)
Sexo	
Fem	13 (72%)
Mas	5 (28%)
Religião	
Católico	14 (88%)
Evangélica	1 (6.2%)
Outra	1 (6.2%)
Desconhecido	2
Álcool	2 (11%)
Tabagismo	
Não	8 (44%)
Ex-Tabagista	9 (50%)
Tabagista	1 (5.6%)
Drogas Ilícitas	0 (0%)
Leitura	7 (39%)
Hipersonomia	3 (17%)
Bruxismo	4 (22%)
Sonabilismo	0 (0%)
Hipnografia	2 (11%)
Hist.Esquecimento	8 (44%)
Depressão	5 (28%)
Ansiedade	7 (39%)

Fonte: Elaborado pela autora.

Notas: ¹n (%); Média ± Desvio Padrão (Mediana)

- **Comparação sociodemográfica entre os grupos de estudo**

A Tabela 2 de comparação entre os grupos fornece insights valiosos sobre as diferenças observadas em diversas variáveis entre o Grupo 1 e o Grupo 2. Os resultados foram obtidos a partir das respostas dos participantes ao Instrumento de coleta de dados (anamnese). A média de idade no Grupo 1 foi de 68.7 anos (± 5.7), enquanto no Grupo 2 foi de 66.7 anos (± 4.3). No entanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa ($p = 0.385$), sugerindo uma relativa homogeneidade etária entre os grupos.

Quanto à distribuição por sexo, observamos uma proporção semelhante entre os grupos ($p = 0.326$). O Grupo 1 apresentou 72% de participantes do sexo feminino, em comparação com 57% no Grupo 2.

A distribuição da religião não mostrou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p = 0.625$). Predominantemente, ambos os grupos eram católicos, com pequenas variações nas categorias evangélica e outras religiões.

A prevalência do uso de álcool foi semelhante nos dois grupos ($p > 0.999$), com 11%, 14%, e 9.1% no total, Grupo 1 e Grupo 2, respectivamente.

A análise não revelou diferenças significativas no padrão de tabagismo entre os grupos ($p = 0.594$). A maioria dos participantes era não fumante, seguida por ex-tabagistas.

As demais variáveis, como uso de drogas ilícitas, prática de leitura, hipersonomia, bruxismo, sonambulismo, hipnografia, história de esquecimento, demência, convulsão, epilepsia, depressão e ansiedade, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (todos os valores de $p > 0.05$).

Esses resultados fornecem uma compreensão que os grupos são semelhantes em relação a características sociodemográficas.

Tabela 2 – Comparação sociodemográfica entre os grupos de estudo

(Continua)

Variáveis	N	Total ¹	Grupo		Valor p ²
			Grupo 1, N = 7 ¹	Grupo 2, N = 11 ¹	
Idade	18	67.5 \pm 4.8 (67.5)	68.7 \pm 5.7 (71.0)	66.7 \pm 4.3 (67.0)	0.385
Sexo	18				0.326
Fem		13 (72%)	4 (57%)	9 (82%)	
Mas		5 (28%)	3 (43%)	2 (18%)	
Religião	16				0.625
Católico		14 (88%)	5 (83%)	9 (90%)	
Evangélica		1 (6.2%)	0 (0%)	1 (10%)	
Outra		1 (6.2%)	1 (17%)	0 (0%)	
Desconhecido		2	1	1	
Álcool	18	2 (11%)	1 (14%)	1 (9.1%)	>0.999
Tabagismo	18				0.594

Tabela 2 – Comparação sociodemográfica entre os grupos de estudo

(Conclusão)

Variáveis	N	Grupo			Valor p ²
		Total ¹	Grupo 1, N = 7 ¹	Grupo 2, N = 11 ¹	
Não		8 (44%)	3 (43%)	5 (45%)	
Ex-Tabagista		9 (50%)	3 (43%)	6 (55%)	
Tabagista		1 (5.6%)	1 (14%)	0 (0%)	
Drogas Ilícitas	18	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	
Leitura	18	7 (39%)	2 (29%)	5 (45%)	0.637
Hiperssonomia	18	3 (17%)	1 (14%)	2 (18%)	>0.999
Bruxismo	18	4 (22%)	2 (29%)	2 (18%)	>0.999
Sonabilismo	18	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	
Hipnografia	18	2 (11%)	1 (14%)	1 (9.1%)	>0.999
Hist.Esquecimento	18	8 (44%)	2 (29%)	6 (55%)	0.367
Demência	18	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	
Convulsão	18	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	
Epilepsia	18	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	
Depressão	18	5 (28%)	2 (29%)	3 (27%)	>0.999
Ansiedade	18	7 (39%)	3 (43%)	4 (36%)	>0.999

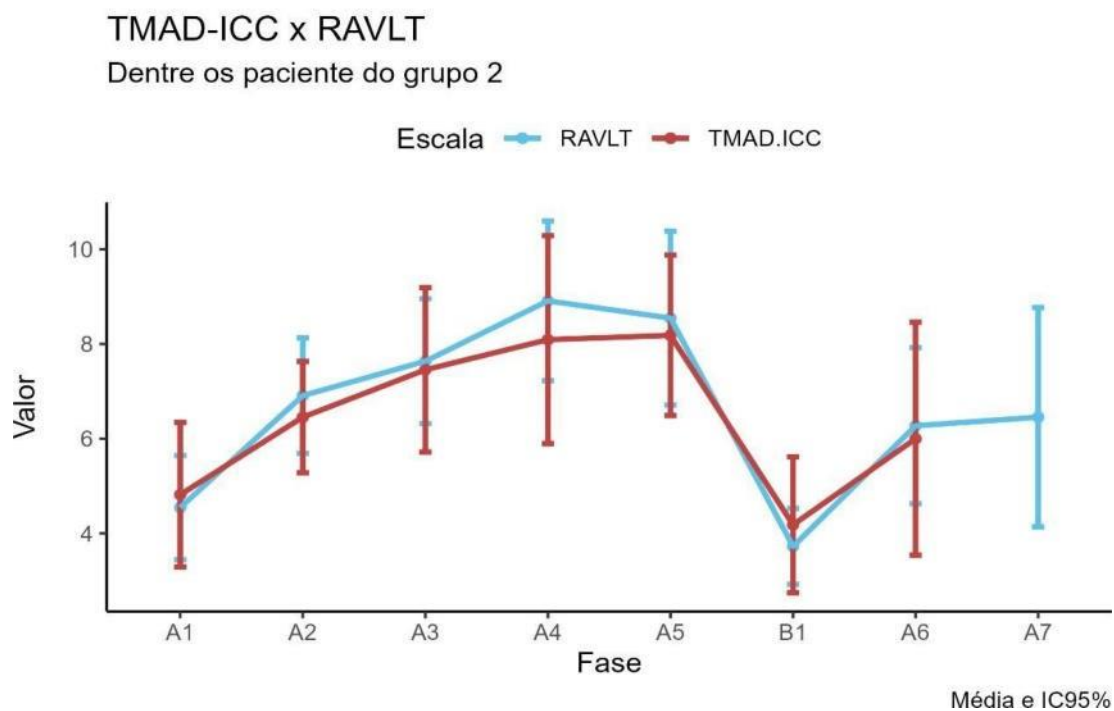
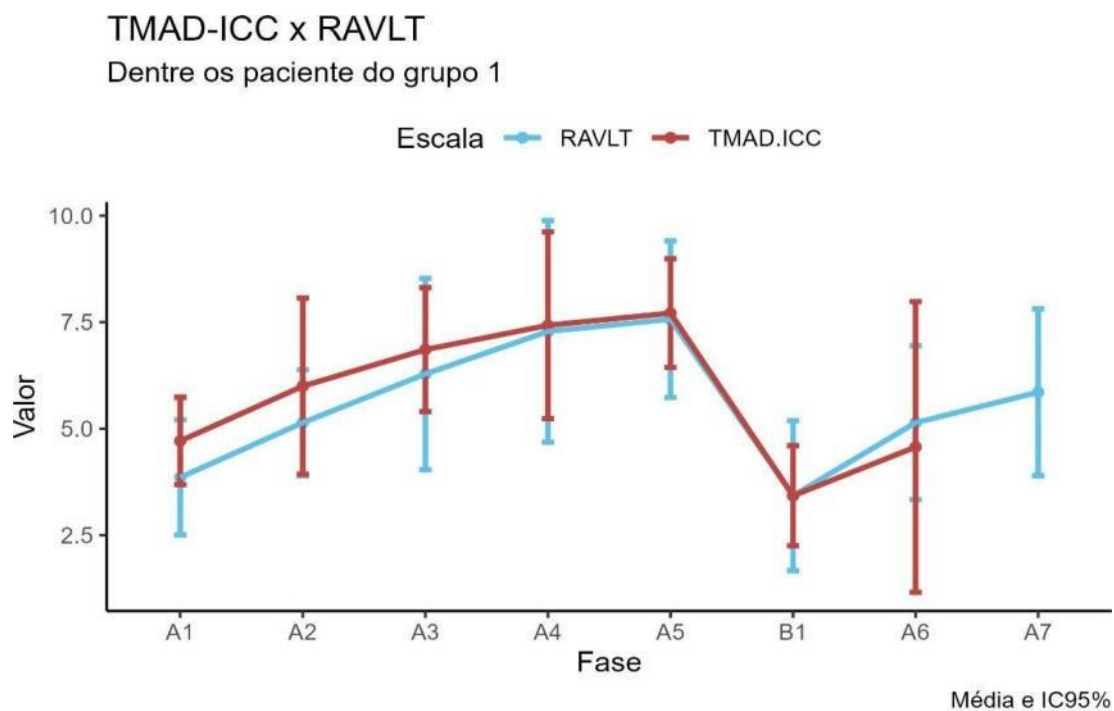
Fonte: Elaborado pela autora.

Notas: ¹Média ± Desvio Padrão (Mediana); n (%).²Teste de Mann-Whitney; Teste exato de Fisher;

- **Análise dos componentes do TMAD-ICC e RAVLT**

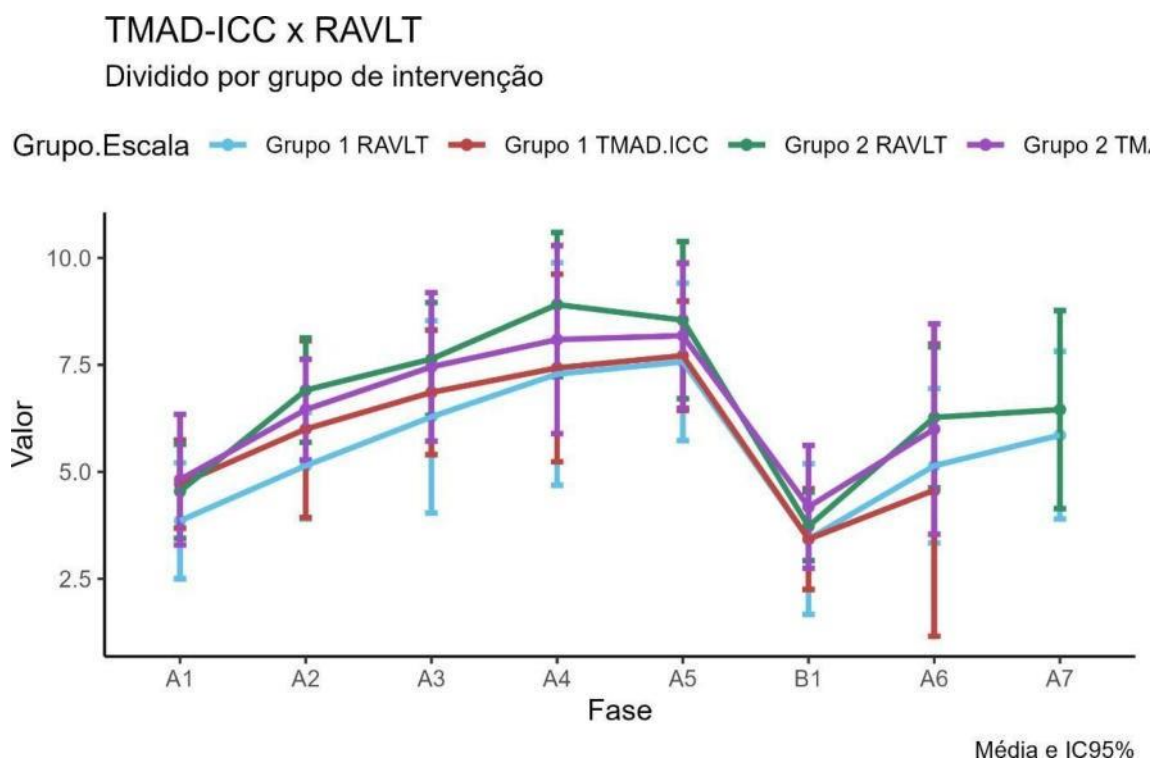
O Gráfico 1a e 1b abaixo mostra o comportamento semelhante dos grupos e entre os instrumentos TMAD-ICC e RAVLT, não apresentando diferença estatística em nenhum componente dos instrumentos, ou seja, em nenhuma das fases de A1 ao RECONHECIMENTO.

Gráfico 1a – Análise dos componentes do TMAD-ICC e RAVLT



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 1b – Análise dos componentes do TMAD-ICC e RAVLT

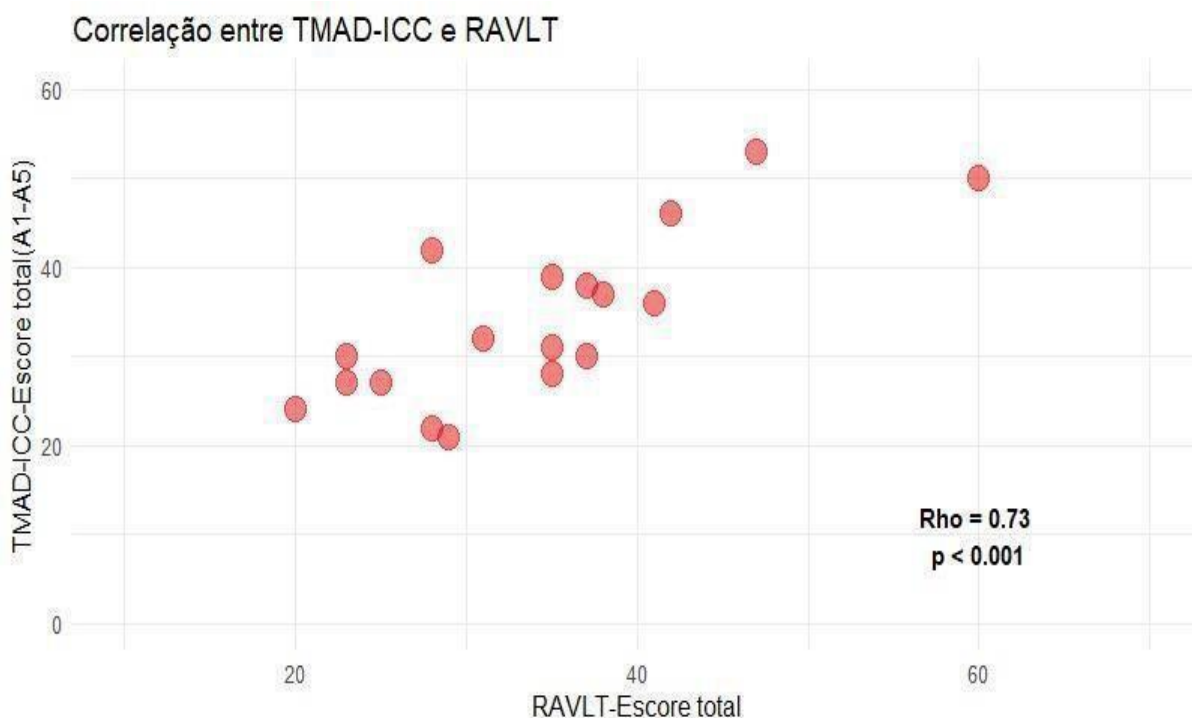


Fonte: Elaborado pela autora.

- **Validação convergente do TMAD-ICC com RAVLT**

Os resultados desta análise indicam uma relação positiva e estatisticamente significativa entre a atividade medida pelo TMAD-ICC e o desempenho cognitivo avaliado pelo RAVLT, como pode ser lido no Gráfico 2. A magnitude da correlação ($\rho = 0.73$) sugere uma convergência sólida entre as duas medidas, destacando a validade convergente desses instrumentos realizada através do teste de correlação linear de *Spearman*. Além disso, a significância estatística observada, com um valor de $p < 0.001$, fortalece a confiança nos achados deste estudo.

Gráfico 2 – Validação convergente do TMAD-ICC com RAVLT



Fonte: Elaborado pela autora.

- **Comparação de valores de ondas entre os grupos de estudo**

O estudo investigou diferenças significativas entre os dois grupos em diversas variáveis, destacando aquelas em que as diferenças foram estatisticamente significativas ($p < 0.05$). Na Tabela 3, encontram-se as Médias e Medianas dos resultados de ondas dos participantes em porcentagem (como exemplificadas no Gráfico 3), coletadas pela ICC, bem como o resultado do tratamento desses dados pelo Teste estatístico de Mann-Whitney.

Tabela 3 – Comparação de valores de ondas entre os grupos de estudo (Continua)

Variáveis	N	Total ¹	Grupo		Valor p ²
			Grupo 1, N = 7 ¹	Grupo 2, N = 11 ¹	
DELTA.Inicial	18	33 ± 29 (34)	23 ± 30 (5)	40 ± 27 (51)	0.425
THETA.Inicial	18	57 ± 36 (47)	47 ± 37 (31)	63 ± 35 (61)	0.461
ALPHA.Inicial	18	39 ± 13 (35)	37 ± 7 (34)	40 ± 15 (37)	0.930
BETA.Inicial	18	79 ± 26 (91)	87 ± 20 (94)	73 ± 29 (89)	0.200
GAMMA.Inicial	18	74 ± 35 (99)	83 ± 27 (98)	68 ± 40 (100)	0.926
DELTA.Final	18	36 ± 31 (36)	23 ± 24 (9)	45 ± 32 (54)	0.151
THETA.Final	18	60 ± 37 (58)	54 ± 42 (27)	64 ± 35 (78)	0.406
ALPHA.Final	18	39 ± 14 (34)	40 ± 17 (33)	38 ± 14 (36)	>0.999

Tabela 3 – Comparação de valores de ondas entre os grupos de estudo (Conclusão)

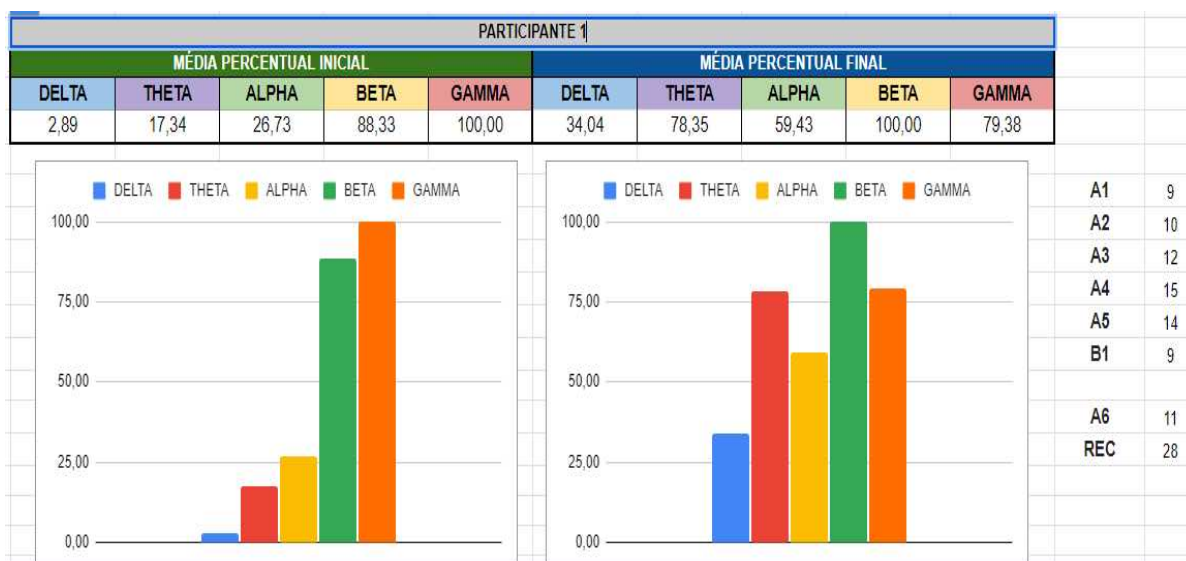
Variáveis	N	Grupo			Valor p ²
		Total ¹	Grupo 1, N = 7 ¹	Grupo 2, N = 11 ¹	
BETA.Final	18	81 ± 25 (91)	85 ± 21 (95)	79 ± 28 (91)	0.612
GAMMA.Final	18	74 ± 34 (95)	77 ± 32 (98)	72 ± 36 (93)	0.927
TMAD-ICC -A1	18	4.78 ± 1.86 (5.00)	4.71 ± 1.11 (5.00)	4.82 ± 2.27 (5.00)	0.890
TMAD-ICC -A2	18	6.28 ± 1.90 (6.50)	6.00 ± 2.24 (7.00)	6.45 ± 1.75 (6.00)	0.963
TMAD-ICC -A3	18	7.22 ± 2.21 (7.00)	6.86 ± 1.57 (7.00)	7.45 ± 2.58 (7.00)	0.927
TMAD-ICC -A4	18	7.83 ± 2.90 (7.00)	7.43 ± 2.37 (7.00)	8.09 ± 3.27 (7.00)	0.713
TMAD-ICC -A5	18	8.00 ± 2.11 (7.00)	7.71 ± 1.38 (8.00)	8.18 ± 2.52 (7.00)	0.853
TMAD-ICC -B1	18	3.89 ± 1.84 (3.50)	3.43 ± 1.27 (3.00)	4.18 ± 2.14 (4.00)	0.610
TMAD-ICC -A6	18	5.4 ± 3.6 (5.0)	4.6 ± 3.7 (4.0)	6.0 ± 3.7 (5.0)	0.462
TMAD-ICC - Reconhecimento	18	22.6 ± 3.9 (23.5)	23.6 ± 4.0 (23.0)	22.0 ± 3.9 (24.0)	0.646

Fonte: Elaborado pela autora.

Notas: ¹Média ± Desvio Padrão (Mediana); n (%)

²Teste de Mann-Whitney;

Gráfico 3 – Resultados de onda convertidos em porcentagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

• Correlações entre TMAD-ICC - Média dos Scores A1 a A5 e Ondas

Na Tabela 4 encontram-se as Médias das fases de A1 a A5 e sua correlação com as Médias das ondas registradas durante as Etapas inicial e final do TMAD-ICC. Essa correlação entre as ondas cerebrais e o desempenho cognitivo, medido pelo instrumento TMAD-ICC (A1 a A5), revelou associações estatisticamente significativas em algumas frequências. O

tratamento estatístico nessa fase se deu por meio do Teste qui-quadrado de Pearson.

A atividade THETA inicial mostrou uma correlação negativa significativa com o Média dos Scores A1 a A5 ($\rho = -0.478$, $p = 0.045$), indicando que níveis mais altos de atividade THETA inicial estão associados a pontuações mais baixas no teste.

Já a atividade GAMMA inicial mostrou uma correlação positiva significativa com o Média dos Scores A1 a A5 ($\rho = 0.582$, $p = 0.011$), indicando que níveis mais altos de atividade GAMMA inicial estão associados a pontuações mais elevadas no teste.

Tabela 4 – Correlações entre TMAD-ICC - Média dos Scores A1 a A5 e Ondas

Ondas	TMAD-ICC	rho	CI_low	CI_high	P
DELTA.Inicial	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	-0.466	-0.772	0.016	0.051
THETA.Inicial	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	-0.478	-0.778	0.001	0.045
ALPHA.Inicial	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	-0.342	-0.705	0.163	0.165
BETA.Inicial	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	0.150	-0.354	0.586	0.553
GAMMA.Inicial	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	0.582	0.143	0.829	0.011
DELTA.Final	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	-0.396	-0.735	0.102	0.104
THETA.Final	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	-0.502	-0.790	-0.030	0.034
ALPHA.Final	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	-0.256	-0.654	0.254	0.306
BETA.Final	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	0.242	-0.268	0.645	0.334
GAMMA.Final	TMAD.ICC.MédiaA1.A5	0.453	-0.032	0.766	0.059

Fonte: Elaborado pela autora.

- **Correlações entre TMAD-ICC-Reconhecimento e Ondas**

Na Tabela 5 encontram-se as Médias da fase de Reconhecimento e sua correlação com as Médias das ondas registradas durante as Etapas inicial e final no teste TMAD-ICC. Por meio dessa correlação entre as ondas cerebrais e o desempenho cognitivo, medido pelo instrumento TMAD-ICC (Reconhecimento), revelou associações estatisticamente significativas em algumas frequências. O tratamento estatístico nessa fase se deu por meio do Teste qui-quadrado de Pearson.

A atividade ALPHA inicial mostrou uma correlação negativa significativa com o TMAD-ICC-Reconhecimento ($\rho = -0.51$, $p = 0.03$), indicando que níveis mais altos de atividade ALPHA inicial estão associados a pontuações mais baixas no teste.

Tabela 5 – Correlações entre TMAD-ICC-Reconhecimento e Ondas

Ondas	TMAD-ICC	rho	CI_low	CI_high	P
DELTA.Inicial	TMAD-ICC-Reconhecimento	-0.44	-0.76	0.05	0.07
THETA.Inicial	TMAD-ICC-Reconhecimento	-0.32	-0.69	0.18	0.19
ALPHA.Inicial	TMAD-ICC-Reconhecimento	-0.51	-0.79	-0.04	0.03
BETA.Inicial	TMAD-ICC-Reconhecimento	0.01	-0.47	0.48	0.98
GAMMA.Inicial	TMAD-ICC-Reconhecimento	0.22	-0.29	0.63	0.38
DELTA.Final	TMAD-ICC-Reconhecimento	-0.26	-0.65	0.25	0.30
THETA.Final	TMAD-ICC-Reconhecimento	-0.27	-0.66	0.24	0.27
ALPHA.Final	TMAD-ICC-Reconhecimento	-0.07	-0.53	0.42	0.77
BETA.Final	TMAD-ICC-Reconhecimento	0.24	-0.27	0.65	0.33
GAMMA.Final	TMAD-ICC-Reconhecimento	0.10	-0.40	0.55	0.68

Fonte: Elaborado pela autora.

Após os participantes realizarem os dois testes, pontuaram o TMAD-ICC no questionário NPS. Obteve-se 11,1% de notas 8,0 e os outros 88,9% classificou o TMAD-ICC com nota 10,0. Com o NPS *score total* obteve-se 77,8% (88,9-11,1) o que, pela tabela do próprio questionário indica nível de excelência para o TMAD-ICC de acordo com os participantes.

7 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi a construção de um teste cognitivo computadorizado, por meio de um sistema e uma interface cérebro-computador (ICC), para possibilitar a avaliação da memória verbal e da aprendizagem em idosos, pois não foram encontrados estudos de teste de memória e aprendizado associado a resposta de ondas via interface cérebro-computador.

As análises dos itens descritivos da amostra apontaram presença de sintomas de depressão e ansiedade, mas em nenhum dos casos houve relato de diagnóstico para essas patologias. Alguns itens mostraram-se particularmente úteis como a investigação do esquecimento relatando experiências nessa área. Outros estudos com idosos saudáveis investigam a deterioração da função cognitiva, pois a partir disso aumenta-se o interesse pelas ações preventivas (Cruz *et al.*, 2021; Fernández-Baizan *et al.*, 2019; Hohenfeld *et al.*, 2020; Lenze *et al.*, 2022).

Enfatiza-se que o estudo de caracterização dos participantes é fundamental já que propicia o conhecimento de indicadores prévios de tendências demenciais ou dificuldade no aprendizado. Os relatos de histórico de esquecimento entre os dois grupos não foi estatisticamente diferente. Os resultados sociodemográficos fornecem uma compreensão que os grupos são semelhantes, ou seja, o controle local que é princípio básico da experimentação foi preservado, assim como também, a repetição e a casualização. Isso demonstra a qualidade da metodologia empregada para seleção dos indivíduos, uma vez que tais variáveis, importantes fatores confundidores, não foram estatisticamente diferentes.

Para validar instrumentos de avaliação psicológica é necessário que a elaboração do conteúdo seja realizada por estudiosos na área, aplicabilidade em público alvo, e se houver tecnologia como meio de aplicação, que a mesma seja orientada por instrutor e a sua aplicação seja para o nível do grupo estudado (Garuzi, 2023). O presente estudo atendeu aos requisitos supracitados realizando a elaboração do produto tecnológico, seu conteúdo e sua aplicação, através de uma equipe multidisciplinar composta por profissionais da psicologia, medicina enfermagem e ciências da computação e mídias digitais. Nesse sentido, a elaboração do TMAD-ICC foi pensada para os idosos sem diagnóstico de demência e que consigam ouvir adequadamente.

Os resultados confirmam que não há diferenças entre os grupos de idosos em nenhum dos componentes dos instrumentos. Os resultados são condizentes com estudos anteriores (Lenze *et al.*, 2022; Freilich *et al.*, 2020; Buck *et al.*, 2021) conduzidos com amostras de países diferentes que comprovaram desempenho de testes de memória em que os

participantes tiveram suas habilidades cognitivas estudadas por dois tipos de avaliação.

Em ambos os grupos se percebeu um comportamento semelhante da curva de aprendizado no TMAD-ICC e no RAVLT no gráfico 1: nas fases de A1 a A5 houve aumento no número das médias de acertos dos participantes, exemplificando equivalência no aumento da aprendizagem de palavras entre os testes a medida em que se avança as etapas; na fase de interferência B, as médias de acertos, entre os testes diminuiu com relação a quaisquer médias das fases A em ambos os grupos; já para a fase A6, as médias dos acertos para os dois testes, nos dois grupos, diminuiu em comparação todas as fase A, exceto no grupo 2 em que a média de acertos A6 foi maior que o A1, isso evidencia que a interferência de um grupo de palavras extra da fase B, reduz a lembrança das palavras do grupamento A. A pesquisa de Hammers *et al.* (2021) validou instrumentos utilizando repetições subsequentes a fim de avaliar a aprendizagem, mas associou a imagens do hipocampo.

As palavras do TMAD-ICC são comuns da língua portuguesa (Aragão, 2020; O'donovan; Cornally; O'caoimh, 2023). Além disso, pela facilidade de manipulação do sistema em questão, foi possível elaborar um espaço para um banco de palavras próprias da linguagem nordestina, a fim de preparar um número de vocábulos reserva para serem utilizados futuramente. O resgate desses vocábulos para determinada região imprime a preocupação da autora em aproximar a tecnologia utilizada ao seu público de estudo permitindo a personalização de análises para outras amostras ou regiões. Um estudo com a adição de banco de palavras, reforçam essa ideia (Moore *et al.*, 2020).

No entanto, a sensibilidade das propriedades psicométricas do TMAD-ICC está além do escopo deste manuscrito, uma vez que haverá necessidade de estudos complementares para que haja uma parametrização adequada para o público, para idades mais limitadas dentro do grupo de idosos, bem como para idosos com histórico de doenças demências ou quadros demenciais já diagnosticados. Nesta pesquisa os autores tiveram o interesse em demonstrar que o uso de outras palavras associada análise de atenção das ondas através da ICC, tem a mesma correspondência de um teste já amplamente utilizado na avaliação clínica.

Na validação convergente verifica-se a presença de relação significativa entre duas ou mais medidas de um mesmo de construtos teoricamente relacionados, utilizando-se diferentes métodos ou instrumentos de avaliação, ou seja, utiliza-se a validação convergente por ser a mais adequada para avaliar a relação entre um mesmo conceito teoricamente relacionado presente em ambos os testes (Gills *et al.*, 2019). A validação convergente se entre TMAD-ICC e RAVLT, verificada por meio da correlação linear de *Spearman* resultou em

relação positiva e numericamente significativa entre os desempenhos dos dois testes. Pela classificação do teste estatístico, existe uma convergência sólida entre as medidas como demonstrado no gráfico 2.

É comum testes neuropsicológicos não atenderem em sua totalidade a todas as partes da cognição humana e possuírem vários públicos e queixas diferentes (Hoche *et al.*, 2017). Por isso a fim de corrigir esses espaços ainda não preenchidos estudos validam seus testes com base em outros para manterem seus níveis de complexidade. A precisão dessas escalas de forma convergente é indício para melhoria ou readaptação das mesmas. É permissivamente normal que déficits mais pronunciados sejam encontrados nos testes mais novos ou naqueles mais bem adaptados em suas novas versões (Meng *et al.*, 2019; Vaucher *et al.*, 2014).

Após análise isolada dos dados bruto do TMAD-ICC e o RAVLT, o estudo investigou o comportamento de ondas cerebrais captadas pelos eletrodos no córtex pré-frontal durante a aplicação do TMAD-ICC. Os dados foram compilados e transformados em porcentagem para facilitar a compreensão dos gráficos. As médias para os dois grupos foram diferentes, mas estatisticamente equivalentes, para todos os tipos de ondas nos dois momentos, não havendo diferença significativa entre os grupos.

Sabe-se que o córtex pré-frontal tem forte atividade durante o aprendizado e possui as habilidades cognitivas de atenção e memória de longo prazo (ME), bem pronunciadas. Representações do córtex pré-frontal e do hipocampo durante o tempo de atuação de comportamento guiado pela memória episódica, foram complementares, entretanto não se sabe se o funcionamento dessas áreas desempenha papel específico para esse tipo de memória (Ning; Bladon; Hasselmo, 2022; Malkov *et al.*, 2022; Ojea Ortega *et al.*, 2012).

A ICC leu e registrou, sem interrupção, as atividades das ondas em dois momentos. O primeiro, do instante em que o participante começa a avaliação até a fase 5 do TMAD, então ocorre a primeira parada. Após 20 minutos, a interface recomeça a leitura após a fase 7 do TMAD onde o participante recita o grupamento A, e encerra o registro durante a fase de Reconhecimento. Então, optou-se por trazer análises do comportamento dos cinco tipos de ondas nesses dois momentos distintos e compará-los com as médias de acertos das fases do TMAD em que o participante repedia as palavras após ouvi-las (A1-A5), e depois compará-los com a fase de Reconhecimento do TMAD. É importante ressaltar que durante o Reconhecimento o participante não escuta mais as palavras do grupo A apenas seleciona na tela, a partir de um grupo maior de palavras, àquelas que pertenciam ao grupo A.

Durante a primeira fase de repetição de A1 a A5 as frequências de ondas cerebrais, medidas pelo instrumento TMAD – ICC, revelou associações estatisticamente significativas nas atividades THETA inicial, com uma correlação negativa, demonstrando que com níveis mais altos de THETA inicial, tem-se pontuações mais baixas do teste. Já para GAMMA inicial, houve correlação positiva, em que atividades altas de GAMMA, obteve-se pontuação mais alta durante as repetições de palavras. Com o estudo das atividades de GAMMA, outros autores obtiveram achados igualmente positivos quando relacionaram leitura de ondas GAMMA e avaliação de lembrança episódica no hipocampo (STARESINA *et al.*, 2016). As duas frequências de onda que representaram significância estatística tem atividade básica do funcionamento do cérebro e são cruciais para a cognição e a memória (MALKOV *et al.*, 2022).

Já Ning, Bladon e Hasselmo (2022) utilizando gravações eletrofisiológicas de sistema próprios obtiveram resultados positivos entre atividade de THETA no hipocampo e córtex frontal em um dado comportamento em roedores guiado pela memória. Uma justificativa para o resultado de THETA mais alto com relação a pontuação mais baixa do TMAD-ICC pode estar relacionada com resultados baixos e moderados do acúmulo de palavras na memória dos idosos, pois em populações pequenas qualquer valor leva a tendência de mudança na média geral. Outra possível justificativa, é o aparecimento de 44% de histórico de esquecimento da população estudada, que naturalmente, pelo processo de envelhecimento, reduz a memória episódica. Estudos sugerem que comportamentos das ondas lentas diminui com a idade e como consequência funcional há comprometimento da memória episódica (Mander *et al.*, 2013).

Quando se trata da correlação entre as ondas cerebrais e o desempenho cognitivo do Reconhecimento, medido pelo instrumento TMAD-ICC, a atividade de ALPHA inicial está em níveis mais altos com pontuações mais baixas do Reconhecimento, e foi a única associação estatisticamente significativa. No entanto, valores de ALPHA final foi maior que o os valores de ALPHA inicial. No estudo de Huycke *et al.*, (2021) obteve-se resultados equivalentes com o aumento alfa significativo enquanto participantes realizavam tarefa de aprendizagem com estímulos rápidos já conhecido pelo participante.

Houve aumento de valores de THETA durante a fase de reconhecimento em relação a THETA inicial. Sabe-se que atividade de THETA pré-frontal está envolvida na exploração das associações aprendidas (Spaak; Lange, 2019) e que algumas associações de THETA e aceleram com a idade (JOHNSON *et al.*, 2022), confirmando o achado nesta pesquisa. Um estudo sobre traços de atenção também verificou aumento nessa frequência em fase retrospectiva particularmente expresso nas regiões temporais mediais, córtex cingulado posterior e córtex pré-frontal medial (Cona *et al.*, 2019).

Os resultados chamam atenção para a importância de se associar duas ou mais formas de avaliação cognitiva incluindo àquelas ferramentas inovadoras (Ning; Bladon; Hasselmo, 2022; Malkov *et al.*, 2022; Hsu; Sonuga-Barke, 2016; Staresina *et al.*, 2016).

Para os participantes da pesquisa o TMAD ICC atingiu nível de excelência pelo NPS, essa classificação indica que os participantes fariam novamente o teste ou indicam para conhecidos. Isso reforça a confiabilidade do teste e facilidade no uso de acordo com falas dos participantes registradas nos documentos impressos de cada um dos participantes. Apesar dos pontos positivos encontrados na aplicação do teste e na segurança no registro dos dados, ressalta-se que houveram limitações deste estudo como a captação de participantes e a manutenção dos mesmos na pesquisa. O deslocamento dos participantes para o local da aplicação e falta de tempo foram queixas relatadas.

8 CONCLUSÃO

A pesquisa teve como objetivos o desenvolvimento de um teste cognitivo computadorizado, controlado com ICC, e validação através da testagem de memória episódica e de aprendizagem. Essa etapa se deu por meio comparação com teste já validado no Brasil, o que resultou em validade convergente sólida entre as medidas. O estudo também verificou o desempenho dos idosos quanto aos resultados no teste digital enquanto fazia a captação de frequências pela interface. Sob esse aspecto, verificou-se resultados significativos, indicando que níveis mais altos de atividade THETA inicial estão associados a pontuações mais baixas no teste, já a atividade GAMMA inicial mostrou que seus níveis mais altos de atividade estão associados a pontuações mais elevadas no teste.

Isso demonstra que o sistema TMAD-ICC pode ser uma ferramenta valiosa e confiável por monitorar função de memória e curva de aprendizado ao mesmo tempo em que rastreia o comportamento de ondas cerebrais de modo prático sem maiores desconfortos para o paciente. O TMAD-ICC encoraja a investigação para futuras pesquisas já que possui versatilidade para modificações de público, estendendo a avaliação em participantes de outras faixas etárias, com histórico familiar de doenças que alteram memória ou para pacientes com comprometimentos importantes de aprendizado, mas que ainda não tem diagnóstico fechado para determinada doença.

Sugere-se ainda, que em estudos futuros haja o aprimoramento da interface, para que seja possível cortes das leituras de onda para cada uma das fases do teste, acompanhando a curva de aprendizado e possibilitando a acurácia dos dados. Isso implica na possibilidade de rearranjos investigativos que tornem a neuroeducação cada dia próxima de trazer a exatidão sobre os processos de aprendizagem e declínio de memória.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, C. *et al.* A feasibility clinical trial to improve social attention in autistic spectrum disorder (ASD) using a brain computer interface. **Frontiers in neuroscience**, Switzerland, v. 12, p. 477, 2018.
- ARAGÃO, M. S. S. Falares nordestinos: aspectos socioculturais. **Acta Semiotica et Lingvistica (ASEL)**, João Pessoa, PB, v. 25, n. 44, p. 67-81, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53050/1/2020_art_mssaragao.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.
- AZEVÊDO, A. A.; SILVA VIANA, J. D. O idoso como sujeito social na educação. **Revista educação em questão**, Natal, RN, v. 59, n. 62, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/26508>. Acesso em: 27 nov. 2023.
- BEAN, J. Rey auditory verbal learning test, Rey AVLT. **Encyclopedia of clinical neuropsychology**, New York, p. 2174-2175, 2011.
- BROWN, P. J. Functional impairment in elderly patients with mild cognitive impairment and mild Alzheimer Disease Impairment in MCI and AD patients. **Archives of general psychiatry**, Chicago, v. 68, n. 6, p. 617, 2011.
- BRUXO, C. A. **Novas abordagens no diagnóstico precoce da doença de Alzheimer**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Faro, 2016. Disponível em: https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/9923/1/Tese%20II%20Alzheimer_Vers%c3%a3o%20digital.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.
- BUCK, S. *et al.* The Pair Test: A computerised measure of learning and memory. **Behavior research methods**, Austin, Tex, v. 53, n. 2, p. 928–942, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.3758/s13428-020-01470-9>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- BURGGREN, A.; BROWN, J. Imaging markers of structural and functional brain changes that precede cognitive symptoms in risk for Alzheimer’s disease. **Brain imaging and behavior**, United States, v. 8, n. 2, p. 251–261, 2014.
- BYUN, M. S. *et al.* Korean brain aging study for the early diagnosis and prediction of Alzheimer’s disease: Methodology and baseline sample characteristics. **Psychiatry investigation**, Korea South, v. 14, n. 6, p. 851, 2017.
- CARVALHO, F. C. R.; NERI, A. L.; YASSUDA, M. S. Treino de memória episódica com ênfase em categorização para idosos sem demência e depressão. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 317–323, 2010.
- CHAMBERLAIN, J. D.; SPRAGUE, B. N.; ROSS, L. A. Age- and time-varying associations between subjective health and episodic memory in older adults. **The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences**, Washington, DC, v. 77, n. 4, p. 673–682, 2022. Disponível em: <https://academic.oup.com/psychsocgerontology/article/77/4/673/6331201?login=false>. Acesso

em: 18 nov. 2023.

CHANG, Z. *et al.* Neuroscience Concepts Changed Teachers' Views of Pedagogy and Students. **Frontiers in psychology**, Switzerland, v. 12, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.685856/full>. Acesso em: 28 dez. 2022.

CONA, G. *et al.* Theta and alpha oscillations as signatures of internal and external attention to delayed intentions: A magnetoencephalography (MEG) study. **NeuroImage**, Orlando, FL, v. 205, n. 116295, p. 116295, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811919308869?via%3Dihub>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CORSO, H. V. *et al.* Metacognição e funções executivas: relações entre os conceitos e implicações para a aprendizagem. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ptp/a/SzJ3qv7qDLqdncBNfz4Xnb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 abr. 2022.

COTTA, M. F. *et al.* Validade discriminante do Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey: comparação entre idosos normais e idosos na fase inicial da doença de Alzheimer. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 4, p. 253-258, 2011. DOI: 10.1590/S0047-20852011000400004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpsiq/a/RJ9rmTTdyvdSzVGY9mF5SbB/?lang=pt>. Acesso em: 23 dez. 2022.

CROTEAU, E. *et al.* A cross-sectional comparison of brain glucose and ketone metabolism in cognitively healthy older adults, mild cognitive impairment and early Alzheimer's disease. **Experimental gerontology**, England, v. 107, p. 18–26, 2018.

CRUZ, T. *et al.* Sleep quality and memory function in healthy ageing. **Neurología (English Edition)**, Barcelona, v. 37, n. 1, p. 31–37, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2173580821001346?via%3Dihub>. Acesso em: 18 nov. 2023.

DASSANAYAKE, T. L. *et al.* Sex-, age- and education-adjusted norms for the WHO/UCLA version of the Rey Auditory Verbal Learning Test for Sinhala-speaking Sri Lankan adults. **The Clinical Neuropsychologist**, England, v. 34, p. 127-142, 2020.

DERRER, D. S. *et al.* Memory Testing in Dementia: How Much Is Enough? **Journal of geriatric psychiatry and neurology**, United States, v. 14, n. 1, p. 1-6, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/089198870101400102>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/089198870101400102>. Acesso em: 28 dez. 2022.

DIAS, N. M.; SEABRA, A. G. Funções executivas: desenvolvimento e intervenção. **Temas sobre desenvolvimento**, São Paulo, v. 19, n. 107, 2013.

ESTÉVEZ-GONZÁLEZ, A. *et al.* Rey verbal learning test is a useful tool for differential diagnosis in the preclinical phase of Alzheimer's disease: comparison with mild cognitive impairment and normal aging. **International journal of geriatric psychiatry**, England, v. 18, n. 11, p. 1021-1028, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/gps.1010>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/gps.1010>. Acesso em: 31 out. 2022.

FALCO, A. D. *et al.* Alzheimer's disease: Etiological hypotheses and treatment perspectives. **Química nova**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 63–80, 2015.

FARD, E. K. *et al.* Comparison of the Rey Auditory Verbal Learning test (RAVLT) and digit test among typically achieving and gifted students. **Iranian Journal of Child Neurology**, Iran, v. 10, n. 2, p. 26, 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4885152/>. Acesso em: 20 nov. 2023

FERNANDEZ-BAIZAN, C. *et al.* Egocentric and allocentric spatial memory in healthy aging: performance on real-world tasks. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, São Paulo, v. 52, n. 4, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjmr/a/ZcwfdMVR5DRYnxxBJ6SL8zg/?lang=en>. Acesso em: 18 nov. 2023.

FISHER, N. I.; KORDUPLESKI, R. E. Good and bad market research: A critical review of Net Promoter Score. **Applied stochastic models in business and industry**, [s.l.], v. 35, n. 1, p. 138–151, 2019.

FREILICH, B. M. *et al.* Validation of the attention, memory, and Frontal Abilities Screening Test (AMFAST). **Assessment**, Odessa, Fl, v. 27, n. 7, p. 1502–1514, 2020.

FONSECA, V. Papel das funções cognitivas, conativas e executivas na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**, São Paulo, v. 31, n. 96, 2014. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psicoped/v31n96/02.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

GARUZI, M. **Validação do instrumento de conhecimento em demência “Dementia Knowledge Assessment Tool Version Two”**. 2023. Tese (Doutorado em Fisiopatologia em Clínica Médica) – Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/1e62fa77-565f-4faf-8107-c3eb7a6f1dc9/content>. Acesso em: 18 nov. 2023.

GILLS, J. L. *et al.* Validation of a digitally delivered visual paired comparison task: reliability and convergent validity with established cognitive tests. **GeroScience**, Switzerland, v. 41, n. 4, p. 441–454, 2019.

GONÇALVES, M. C. M. *et al.* Julgamentos metacognitivos e o desempenho de idosos em tarefas de memória. **Psico**, Porto Alegre, v. 54, n. 1, p. e38124, 2023. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistapsico/article/view/38124>. Acesso em: 18 nov. 2023.

GOTTLIEB, A. *et al.* Development and validation of virtual reality-based Rey Auditory Verbal Learning Test. **Frontiers in aging neuroscience**, Switzerland, v. 14, 2022. DOI: 10.3389/fnagi.2022.980093. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2022.980093/full>. Acesso em: 05 jan. 2023.

HAMMERS, D. B. *et al.* Preliminary validation of the learning ratio for the HVLt–R and

BVMT–R in older adults. **Cognitive and behavioral neurology: official journal of the Society for Behavioral and Cognitive Neurology**, United States, v. 34, n. 3, p. 170–181, 2021.

HARDIMAN, M. *et al.* Neuroethics, Neuroeducation, and Classroom Teaching: Where the Brain Sciences Meet Pedagogy. **Neuroethics**, [s.l.], v. 5, .2, p. 135–143, 2012.

HOCHE, F. *et al.* The cerebellar cognitive affective/Schmahmann syndrome scale. **Brain: a journal of neurology**, London, v. 141, n. 1, p. 248–270, 2018.

HOHENFELD, C. *et al.* Changes in brain activation related to visuo-spatial memory after real-time fMRI neurofeedback training in healthy elderly and Alzheimer’s disease. **Behavioural brain research**, Amsterdam, v. 381, n. 112435, p. 112435, 2020.
Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016643281931544X?via%3Dihub>.
Acesso em: 18 nov. 2023.

HORVATH, J. C.; DONOGHUE, G. M. A Bridge Too Far – Revisited: Reframing Bruer’s Neuroeducation Argument for Modern Science of Learning Practitioners. **Frontiers in aging neuroscience**, Switzerland, v. 7, 2016. Disponível em:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2016.00377/full>. Acesso em: 30 dez. 2023.

HSU, C.-F.; SONUGA-BARKE, E. J. S. Electrophysiological evidence during episodic prospection implicates medial prefrontal and bilateral middle temporal gyrus. **Brain research**, Amsterdam, v. 1644, p. 296–305, 2016. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006899316301767?via%3Dihub>.
Acesso em: 20 nov. 2023.

HUYCKE, P. *et al.* Theta and alpha power across fast and slow timescales in cognitive control. **The European journal of neuroscience**, France, v. 54, n. 2, p. 4581–4594, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ejn.15320>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ISO-MARKKU, P. *et al.* Education as a moderator of middle-age cardiovascular risk factor—old-age cognition relationships: testing cognitive reserve hypothesis in epidemiological study. **Age and ageing**, London, v. 51, n. 2, 2022. Disponível em:
<https://academic.oup.com/ageing/article/51/2/afab228/6520517>. Acesso em: 18 nov. 2023.

JOHNSON, E. L. *et al.* Dissociable oscillatory theta signatures of memory formation in the developing brain. **Current biology: CB**, London, v. 32, n. 7, p. 1457–1469.e4, 2022. Disponível em: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(22\)00115-4?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS096098222001154%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(22)00115-4?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS096098222001154%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 20 nov. 2023.

KORMAS, C. *et al.* Development of the Greek version of the Face Name Associative Memory Exam (GR-FNAME12) in cognitively normal elderly individuals. **The clinical neuropsychologist**, Lisse, The Netherlands, v. 32, n. sup1, p. 152–163, 2018.

LENZE, E. J. *et al.* Effects of mindfulness training and exercise on cognitive function in older adults: A randomized clinical trial. **JAMA: the journal of the American Medical**

Association, Chicago, v. 328, n. 22, p. 2218, 2022. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2799406>. Acesso em: 18 nov. 2023.

LUCAS E SILVA, G. S. **Sistemas inteligentes para diagnóstico não invasivo da doença de Alzheimer usando imagens MRI. 2020**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica) - Centro de Tecnologia e Geociências, Escola de Engenharia de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/38300>. Acesso em: 18 nov. 2023.

MANDER, B. A. *et al.* Prefrontal atrophy, disrupted NREM slow waves and impaired hippocampal-dependent memory in aging. **Nature neuroscience**, New York, v. 16, n. 3, p. 357–364, 2013. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nn.3324>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MARÇAL, E. *et al.* Neurofeedback e interface cérebro-computador: desenvolvimento e avaliação de um jogo voltado para o auxílio na detecção de TDAH. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, SP, v. 11, n. 12, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33752>. Acesso em: 20 dez. 2022.

MENG, Q. *et al.* Validation of neuropsychological tests for the China Health and Retirement Longitudinal Study Harmonized Cognitive Assessment Protocol. **International psychogeriatrics**, New York, v. 31, n. 12, p. 1709–1719, 2019.

MEZRAR, S.; BENDELLA, F. A Systematic Review of Serious Games Relating to Cognitive Impairment and Dementia. **Journal of Digital Information Management**, England, v. 20, n. 1, p. 1-9, 2022. Disponível em: https://www.dline.info/fpaper/jdim/v20i1/jdimv20i1_1.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.

NING, W.; BLADON, J. H.; HASSELMO, M. E. Complementary representations of time in the prefrontal cortex and hippocampus. **Hippocampus**, New York, v. 32, n. 8, p. 577–596, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hipo.23451>. Acesso em: 18 nov. 2023.

MALKOV, A. *et al.* Theta and gamma hippocampal–neocortical oscillations during the episodic-like memory test: Impairment in epileptogenic rats. **Experimental neurology**, New York, v. 354, n. 114110, p. 114110, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014488622001352?via%3Dihub>. Acesso em: 18 nov. 2023.

MARÇAL, E.; ANDRADE, R. M. C.; VIANA, W. Development and Evaluation of a Model-Driven System to Support Mobile Learning in Field Trips. **J. Univers. Comput. Sci.**, v. 23, n. 12, p. 1147-1171, 2017.

MEYER, S. R. A. *et al.* Visual associations to retrieve episodic memory across healthy elderly, mild cognitive impairment, and patients with Alzheimer’s disease. **Neuropsychology, development, and cognition. Section B, Aging, neuropsychology and cognition**, United States, v. 26, n. 3, p. 447–462, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13825585.2018.1475002>. Acesso em: 18 nov. 2023.

- MIRANDA, G. M. D.; MENDES, A. DA C. G.; SILVA, A. L. A. DA. Population aging in Brazil: current and future social challenges and consequences. **Revista brasileira de geriatria e gerontologia**, Rio de Janeiro, p. 507–519, 2016.
- MOORE, R. C. *et al.* Validation of the mobile verbal learning test: Illustration of its use for age and disease-related cognitive deficits. **International journal of methods in psychiatric research**, Chichester; New York, v. 30, n. 1, 2021.
- MOUTOUSSAMY, I. *et al.* Episodic memory and aging: Benefits of physical activity depend on the executive resources required for the task. **PloS one**, San Francisco, CA, v. 17, n. 2, p. e0263919, 2022. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0263919>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- O'DONOVAN, M. R.; CORNALLY, N.; O'CAOIMH, R. Validation of a harmonised, three-item cognitive screening instrument for the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE-Cog). **International journal of environmental research and public health**, Suíça, v. 20, n. 19, p. 6869, 2023.
- OJEA ORTEGA, T. *et al.* Un nuevo test para la valoración de la memoria episódica. Test episódico y test episódico del cuidador. **Neurologia**, Barcelona, v. 28, n. 8, p. 488–496, 2013.
- ORDONEZ, T. N. *et al.* Actively station: Effects on global cognition of mature adults and healthy elderly program using electronic games. **Dementia & Neuropsychologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 186-197, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dn/a/h8kQg3Fz63VK6XYKYQ43xNh/abstract/?lang=en>. Acesso em: 12 nov. 2022.
- PAULA, J. J. *et al.* Reliability and construct validity of the Rey-Auditory Verbal Learning Test in Brazilian elders. **Archives of Clinical Psychiatry**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 19-23, 2012. DOI: 10.1590/S0101-60832012000100004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rpc/a/mZyFpSyjhdtNXPtSD4ghjgf/?lang=en#>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- PENG, Z. *et al.* The efficacy of cognitive training for elderly Chinese individuals with mild cognitive impairment. **BioMed research international**, New York, v. 2019, p. 1–10, 2019. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2019/4347281/>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- PEREIRA, A. A. DA S.; COUTO, V. V. D.; SCORSOLINI-COMIN, F. Motivações de idosos para participação no programa Universidade Aberta à Terceira Idade. **Revista Brasileira de Orientação Profissional**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 207–217, 2015.
- PEREIRA BATISTA, I. T.; MARÇAL DE BARROS FILHO, E.; SOUSA ROCHA, A. Instrumentos de avaliação cognitiva em crianças com TDAH: revisão integrativa de literatura. **Revista Enfermagem Atual In Derme**, Rio de Janeiro, v. 97, n. 1, p. e023013, 2023. Disponível em: <https://revistaenfermagematual.com/index.php/revista/article/view/1617>. Acesso em: 18 nov. 2023.

PETRELLA, J. R.; COLEMAN, R. E.; DORAISWAMY, P. M. Neuroimaging and early diagnosis of Alzheimer disease: A look to the future. **Radiology**, United States, v. 226, n. 2, p. 315–336, 2003.

PETERSON, V. *et al.* A feasibility study of a complete low-cost consumer-grade brain-computer interface system. **Heliyon**, London, v. 6, n. 3, p. e03425, 2020. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(20\)30270-X?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS240584402030270X%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)30270-X?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS240584402030270X%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 20 nov. 2023.

QIAO, H.; CHEN, L.; ZHU, F. Ranking convolutional neural network for Alzheimer's disease mini-mental state examination prediction at multiple time-points. **Computer methods and programs in biomedicine**, Ireland, v. 213, n. 106503, p. 106503, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169260721005770?via%3Dihub>. Acesso em: 20 nov. 2023.

REKERS, S.; NIEDEGGEN, M. Intuitive assessment of spatial navigation beyond episodic memory: Feasibility and proof of concept in middle-aged and elderly individuals. **PloS one**, San Francisco, CA, v. 17, n. 9, p. e0270563, 2022. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0270563>. Acesso em: 18 nov. 2023.

ROBINSON, S. *et al.* Executive functions in children with Autism Spectrum Disorders Disorders. **Brain and cognition**, New York, v. 71, n. 3, p. 362-368, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278262609001043?via%3Dihub>. Acesso em: 06 maio 2022.

ROJAS-BARAHONA, C. A.; ZEGERS, P. B.; CE, F. M. Validation of the university of southern California repeatable episodic memory test. **Revista medica de Chile**, Santiago, v. 139, n. 3, 2011.

ROSA, V. O. *et al.* Computerized cognitive training in children and adolescents with attention deficit/hyperactivity disorder as add-on treatment to stimulants: feasibility study and protocol description. **Trends in psychiatry and psychotherapy**, Porto Alegre, v. 39, n. 2, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/trends/a/KPZhYNWb7zwwXxfHMcBBGcR/?lang=em>. Acesso em: 05 maio 2022.

SALEHINEJAD, M. A. *et al.* Hot and cold executive functions in the brain: A prefrontal-cingular network. **British Neuroscience Association, issuing body**, United States, v. 5, 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/23982128211007769>. Acesso em: 14 abr. 2022.

SPAACK, E.; DE LANGE, F. P. Hippocampal and prefrontal theta-band mechanisms underpin implicit spatial context learning. **The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience**, United States, v. 40, n. 1, p. 191–202, 2020. Disponível em: <https://www.jneurosci.org/content/40/1/191>. Acesso em: 20 nov. 2023.

STARESINA, B. P. *et al.* Hippocampal pattern completion is linked to gamma power increases and alpha power decreases during recollection. **eLife**, Cambridge, UK, v. 5, 2016. Disponível em: <https://elifesciences.org/articles/17397>. Acesso em: 20 nov. 2023.

TAYEBI, H. *et al.* Applications of brain-computer interfaces in neurodegenerative diseases. **Neurosurgical review**, Berlim, v. 46, n. 1, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10143-023-02038-9>. Acesso em: 18 nov. 2023.

TORRE, M. M.; TEMPRADO, J. Effects of Exergames on the Brain and Cognition in the Elderly: A Review Based on a New Categorization of Combined Training Intervention. **Frontiers in aging neuroscience**, Switzerland, v. 14, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2022.859715/full>. Acesso em: 06 maio 2022.

VANDENBERGHE, M. *et al.* Élaboration et normalisation d'une épreuve d'évaluation de la mémoire épisodique verbale chez la personne âgée : « GERIA-12 ». **Revue neurologique**, Paris, v. 171, n. 12, p. 853–865, 2015.

VAUCHER, P. *et al.* A neuropsychological instrument measuring age-related cerebral decline in older drivers: development, reliability, and validity of MedDrive. **Frontiers in human neuroscience**, Lausanne, Switzerland, v. 8, 2014.

WOOD, G. M. DE O. *et al.* Validação da Bateria de Avaliação da Memória de Trabalho (BAMT-UFGM). **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 325–341, 2001.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**QUESTIONÁRIO DE PESQUISA (ANAMNESE)****Número do paciente (na pesquisa):****Data da avaliação:****1. Identificação**

Nome completo:

Data de nascimento:

Nome da mãe:

Idade (no dia da avaliação inicial):

Sexo: Masculino () Feminino () Não informado () Religião:

Número do prontuário no hospital: Endereço:

Telefone de contato: () WhatsApp:

1. Hábitos de vida

Sobre o uso de álcool

Fazia uso de álcool no passado? () Sim () Não

Desde de quando (mês/ano)? _____ Quantidade de doses por dia? _____

Quantos dias por semana? ____ Quando parou (mês/ano)? ____

Faz uso de álcool atualmente? () Sim () Não

Desde de quando (mês/ano)? _____ Quantidade de doses por dia? _____

Quantos dias por semana? ____

Sobre o tabagismo

Fumava no passado? () Sim () Não

Qual tipo de fumo? ____

Desde de quando (mês/ano)? _____ Quantidade de cigarros por dia _____

_____ Quando parou (mês/ano)? ____

Fuma atualmente? () Sim () Não

Qual tipo de fumo? ____

Desde de quando (mês/ano)? _____ Quantidade de cigarros por dia _____

Sobre o uso de drogas ilícitas

Fez uso no passado? () Sim () Não

Qual tipo? ____

Desde de quando (mês/ano)? _____ Quantas vezes por semana/mês _____

_____ Quando parou (mês/ano)? ____

Faz uso no presente? () Sim () Não

Qual tipo? ____

Desde de quando (mês/ano)? _____ Quantas vezes por semana/mês _____

1. Sono

Apresenta hipersonomia (dorme demasiado)? () Sim () Não

Apresenta bruxismo (range os dentes)? () Sim () Não

Apresenta sonambulismo (caminha dormindo)? () Sim () Não

Fala hipnagógica (fala enquanto dorme)? () Sim () Não

Hora habitual de dormir:

Hora habitual de acordar:

Tempo habitual de sono (horas):

Faz uso de medicamentos para dormir? () Sim () Não

Quais (nome e dose)?

2. Audição

As pessoas do convívio comentam que o senhor(a) fala:

() alto () baixo () normal

Quando as pessoas falam, o senhor(a) responde prontamente aos comandos? () Sim () Não

Para o senhor(a) responder, precisa que as pessoas falem: () em tom alto () em tom normal

() de perto () de longe

O senhor(a) costuma assistir a TV com o volume do som: () alto () normal

3. Visão

O senhor(a) usa óculos? () Sim () Não

Usa óculos para perto? () Sim () Não

Usa óculos para longe? () Sim () Não

Que tipo de transtorno ocular o senhor possui?

() Miopia () Hipermetropia () astigmatismo () não sei informar

Qual o grau dos óculos? _____ () não sei informar

Tem dores de cabeça frequentemente? () Sim () Não

Assiste TV e ler:

() de muito perto () distância normal

3. Condições de saúde

Sobre esquecimento e demência

Tem histórico de esquecimento (perda de memória)? () Sim - () Não

Desde quando?

Recebeu diagnóstico de demência por profissional de saúde? () Sim - () Não

Quando foi o diagnóstico (mês/ano)?

Este foi confirmado por neurologista ou geriatra? () Sim - () Não

Faz uso de medicamento para memória ou demência? () Sim - () Não

Quais (nome e dose):

Sobre ataques de convulsão/epilepsia

Tem histórico de convulsões (ataques)? () Sim - () Não

Quantos:

Quando foi o último (mês/ano)?

Recebeu diagnóstico de epilepsia por profissional de saúde? () Sim - () Não

Quando foi o diagnóstico (mês/ano)?

Faz uso de medicamento anticonvulsivante? () Sim - () Não

Quais (nome e dose):

Quando foi a última dose?

Sobre depressão ou ansiedade

Tem histórico de depressão (no passado)? () Sim - () Não

Em que período da vida (anos)?

Recebeu diagnóstico de depressão por profissional de saúde (atual)? () Sim - () Não

4. Escalas de validação Escala RAVLT

Este instrumento é restrito ao uso de psicólogos. Manual e testes já adquiridos pelo grupo de pesquisadores e será aplicado, interpretado e de uso restrito dos psicólogos da pesquisa.

Escala de satisfação NPS (*Net Promoter Score*)

Em uma escala de 0 a 10, o quanto você recomendaria o uso do sistema por outra pessoa conhecida sua? Marque um X, considerando que (0) você não indicaria e (10) você indicaria com certeza.

(0) - (1) - (2) - (3) - (4) - (5) - (6) - (7) - (8) - (9) - (10)

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Solicito a sua autorização para participar desta pesquisa como convidado pela Mestranda Iany Tâmillá Pereira Batista, a participar da pesquisa intitulada **“DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE TESTE DE APRENDIZAGEM BASEADO EM INTERFACE CÉREBRO-COMPUTADOR EM VERSÃO DIGITAL”**. O convidado, só deverá participar da pesquisa, com esta autorização. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.

A pesquisa **será realizada no ano de 2023 no ambulatório de Geriatria do Hospital Universitário Walter Cantídio do Complexo Hospitalar da Universidade Federal do Ceará** com autorização prévia do Chefe do Serviço.

Durante o período da pesquisa serão realizados **2 encontros de 30 a 40 minutos** para cada participante marcados em dias diferentes de acordo com a disponibilidade do participante e do profissional que fará a aplicação do teste. A coleta dos dados deste estudo se dá conforme a descrição abaixo:

Visita 1 - Os 15 idosos do Grupo 1 realizarão os procedimentos padrões (assinatura do termo de consentimento, confirmação de elegibilidade, e questionário social) e utilizarão o sistema Teste de Memória e Aprendizagem digital – ICC (Teste de aprendizagem e memória em versão digital, neste teste o **audio do computador repete uma sequência de palavras e o participante repete de forma oral a mesma sequência de palavras**, ao mesmo tempo em que a touca (com elétrodos compostos por fios colocados na superfície da pele da cabeça que captam as ondas cerebrais) faz a leitura das ondas através da Interface Cérebro-Computador); enquanto os outros 15 idosos do Grupo 2 realizarão os procedimentos padrões e passarão pela aplicação tradicional do teste RAVLT (**Teste de aprendizagem e memória, neste teste o avaliador fala uma sequência de palavras e o participante repete de forma oral a mesma sequência de palavras**).

Visita 2 – Após um prazo mínimo de 14 dias entre a primeira visita e segunda, acontecerá a Visita II, que consiste no inverso: o Grupo 1 realiza o teste tradicional e o Grupo II utiliza Teste Digital de Memória - ICC (Teste de aprendizagem e memória em versão digital, neste teste o áudio do computador repete uma sequência de palavras e o participante repete a mesma sequência de palavras).

A análise de dados é realizada mediante a comparação dos resultados obtidos, observando-se o que foi **estritamente escrito e/ou falado pelo Senhor(a)**. Com o objetivo de aprimorar os estudos sobre aprendizagem com avaliação da memória mediante o uso de:

- **Tecnologias digitais** (monitor, alto falantes, caixa de som preferencialmente, microfone);
- **Interface Cérebro-Computador** (equipamento de comunicação direta entre o cérebro humano e o computador através de touca com eletrodos, os quais fazem a captação de ondas sem apresentar qualquer risco químico ou biológico ao usuário)
- **Teste de aprendizagem e memória** (neste teste o avaliador fala uma sequência de palavras e o participante repete a mesma sequência de palavras).
- **Teste de aprendizagem e memória em versão digital** (neste teste o áudio do computador repete uma sequência de palavras e o participante repete a mesma sequência de palavras).

Um dos benefícios que a pesquisa pode trazer para o participante vincula-se a reflexões acerca dos processos de avaliação cognitiva, através dos resultados da versão digital de um teste de aprendizagem com foco na memória. Outro benefício está relacionado ao mapeamento de ondas cerebrais dos idosos através da Interface Cérebro-Computador (comunicação direta entre o cérebro humano e o computador através de touca com eletrodos) complementando os resultados do teste de aprendizagem (Teste Digital de Memória - ICC) a fim de confrontar seus resultados através das ondas.

Os riscos de participação em pesquisa desse gênero vinculam-se à escrita e à fala dos participantes. Podem ficar expostos em relação a suas ideias, pensamentos e ações. No entanto, como os dados coletados serão escritos e não no formato de imagens, nenhum participante será exposto publicamente por meio de fotos e filmagens.

Além disso, nenhum nome de participante será revelado, uma vez que serão utilizados pseudônimos para o processo de análise de dados. A divulgação das informações será realizada entre os profissionais estudiosos do assunto. Os resultados obtidos serão utilizados somente para esta pesquisa e não haverá pagamento por participação na investigação acadêmica. Os idosos participarão de forma voluntária, **Não haverá**

ressarcimento de nenhuma espécie ao participante ou a seu responsável.

A qualquer momento o Senhor (a) poderá recusar a continuar participando da pesquisa, podendo retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo.

Endereço dos (as) responsável(is) pela pesquisa:

Nome: Iany Tâmilla Pereira Batista Instituição:
--

<p>ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a participação do estudante, pelo qual você é responsável, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira). O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela</p>
--

avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado _____, _____ anos, RG:

_____, declara que é de livre e espontânea vontade participar da pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

Assinatura do participante da
pesquisa

Nome do participante da pesquisa

Data

Assinatura

Nome do pesquisador

Data

Assinatura

Nome do profissional que aplicou o TCLE

Data

Assinatura