

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE MEDICINA DA UFMG

Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas

Bruna Stéfanie Pereira

**POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA LATÊNCIA E HABILIDADES
NEUROPSICOLÓGICAS EM DIFERENTES FASES DA VIDA ADULTA:
um estudo sobre o envelhecimento**

Belo Horizonte

2025

Bruna Stéfanie Pereira

**POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA LATÊNCIA E HABILIDADES
NEUROPSICOLÓGICAS EM DIFERENTES FASES DA VIDA ADULTA:
um estudo sobre o envelhecimento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestra.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Luciana Mendonça Alves

Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Luciana Macedo de Resende

Belo Horizonte

2025

P436p Pereira, Bruna Stéfanie.
Potenciais evocados auditivos de longa latência e habilidades neuropsicológicas em diferentes fases da vida adulta [recurso eletrônico]: um estudo sobre o envelhecimento. / Bruna Stéfanie Pereira. - - Belo Horizonte: 2025.
110f.: il.
Formato: PDF.
Requisitos do Sistema: Adobe Digital Editions.

Orientador (a): Luciana Mendonça Alves.
Coorientador (a): Luciana Macedo de Resende.
Área de concentração: Saúde Funcional em Fonoaudiologia.
Dissertação (mestrado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Potenciais Evocados P300. 2. Envelhecimento Cognitivo. 3. Adulto. 4. Fonoaudiologia. 5. Neuropsicologia. 6. Dissertação Acadêmica. I. Alves, Luciana Mendonça. II. Resende, Luciana Macedo de. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. IV. Título.

NLM: WL 102

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
MEDICINA - CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FONOAUDIOLÓGICAS

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Às quatorze horas do dia vinte e seis de fevereiro de dois mil e vinte e cinco, na sala 062 da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, realizou-se a defesa de dissertação de Mestrado da aluna **BRUNA STÉFANIE PEREIRA**, número de registro 2023658173, graduada no curso de FONOAUDIOLOGIA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIAS FONOAUDIOLÓGICAS, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas. A Presidência coube à Profa. Luciana Mendonça Alves. Inicialmente a Presidente após dar conhecimento aos presentes sobre o teor das Normas Regulamentares do trabalho final de Pós-Graduação, fez a apresentação da Comissão Examinadora, assim, constituída pelas Professoras Doutoradas: Profa. Luciana Mendonça Alves - Orientadora (UFMG), Profa. Luciana Macedo de Resende - Coorientadora (UFMG), Profa. Tamara Suzi dos Santos (UFMG) e Profa. Denise Utsch Goncalves (UFMG).

Em seguida a Presidente autorizou a aluna para iniciar a apresentação de seu trabalho final intitulado **"POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA LATÊNCIA E HABILIDADES NEUROPSICOLÓGICAS EM DIFERENTES FASES DA VIDA ADULTA: UM ESTUDO SOBRE O ENVELHECIMENTO"**. Seguiu-se à arguição pela comissão Examinadora, com a respectiva defesa da aluna. Logo após a Comissão reuniu-se sem a presença da candidata e do público para julgamento e expedição do resultado da avaliação do trabalho final da aluna e considerou a dissertação aprovada.

A Presidente da Comissão comunicou publicamente o resultado final à aluna. Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, após lida, será assinada eletronicamente por todos os membros da Comissão Examinadora presente na sessão, através do SEI (Sistema Eletrônico de Informações) do Governo Federal.

Belo Horizonte, 26 de fevereiro de 2025.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Macedo de Resende, Professora do Magistério Superior**, em 20/04/2025, às 09:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Mendonca Alves, Professora do Magistério Superior**, em 22/04/2025, às 13:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thamara Suzi dos Santos, Professora do Magistério Superior**, em 22/04/2025, às 14:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Utsch Goncalves, Professora do Magistério Superior**, em 05/05/2025, às 10:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4147084** e o código CRC **E1F0CAB0**.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitora: Prof.^a Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-Reitor: Prof. Alessandro Fernandes Moreira

Pró-Reitora de Pós-Graduação: Prof.^a Isabela Almeida Pordeus

Pró-Reitor de Pesquisa: Prof. Fernando Marcos dos Reis

FACULDADE DE MEDICINA

Diretora: Prof.^a Alamanda Kfoury Pereira

Vice-diretora: Prof.^a Cristina Gonçalves Alvim

Coordenadora do Centro de Pós-Graduação: Prof.^a Ana Cristina Simões e Silva

Subcoordenadora do Centro de Pós-Graduação: Prof.^a Teresa Cristina de Abreu Ferrari

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FONOAUDIOLÓGICAS

Coordenadora: Prof.^a Patrícia Cotta Mancini

Subcoordenadora: Prof.^a Adriane Mesquita de Medeiros

COLEGIADO

Prof.^a Adriane Mesquita de Medeiros – titular

Prof.^a Renata Maria Moreira Moraes Furlan – suplente

Prof.^a Aline Mansueto Mourão – titular

Prof.^a Ana Cristina Côrtes Gama – suplente

Prof.^a Luciana Macedo de Resende – titular

Prof.^a Ludimila Labanca – suplente

Prof.^a Letícia Caldas Teixeira – titular

Prof. Ualisson Nogueira do Nascimento – suplente

Juliana Preisser de Godoy e Silva – discente titular

Isa Mourão Carvalho – discente suplente

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por guiar meus passos, fortalecer-me e permitir-me concluir esta etapa da minha vida. Sem Ele, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Jussara e Vander, por serem meu porto seguro, a minha base e a minha fortaleza. Obrigada por me apoiarem em cada decisão, incentivarem-me em cada desafio e amparar-me em cada queda. Obrigada por me ensinarem o valor do amor ao próximo, da perseverança e da fé. Sem todo o esforço de vocês para me proporcionarem o melhor, com certeza, eu não estaria aqui hoje. Amo vocês com todo o meu coração.

Ao Pedro, por toda a paciência, amor e carinho. Obrigada por ter sido conforto, leveza, companheirismo e incentivo durante todo o percurso.

À professora Luciana Mendonça Alves, por me orientar com tanta sabedoria, empatia e disposição, e à professora Luciana Macedo de Resende, pelos ensinamentos e pela dedicação à pesquisa.

À doutora Luciana Cássia de Jesus, pela parceria de pesquisa e por estar sempre disponível para me auxiliar.

Aos professores do curso de Fonoaudiologia e do programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da UFMG, por se dedicarem, com excelência, à docência, transmitindo tanto conhecimento.

À Banca examinadora, pela disponibilidade e grande contribuição dada para este trabalho.

Aos participantes da pesquisa, por dedicarem parte do seu tempo em prol do estudo, contribuindo para o avanço da ciência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) –
Código de Financiamento 001.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para que o trabalho se concretizasse.

RESUMO

Introdução: O envelhecimento populacional impõe desafios à saúde pública, sobretudo na preservação das funções cognitivas. Entre as ferramentas promissoras para investigar o envelhecimento cognitivo destacam-se os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL), em especial o componente P3, e as avaliações neuropsicológicas, como o NEUPSILIN. Estudos mostram que o envelhecimento está relacionado ao aumento da latência e à redução da amplitude da onda P3, indicando desaceleração no processamento cognitivo. No entanto, há escassez de dados normativos para adultos brasileiros, especialmente com divisões etárias detalhadas, dificultando a identificação precoce de declínios cognitivos. Assim, integrar dados neuropsicológicos e padrões normativos do exame P300 é essencial para diferenciar o envelhecimento saudável de quadros patológicos, contribuindo para intervenções clínicas mais precisas. **Objetivo:** Descrever e comparar os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência e habilidades neuropsicológicas em jovens adultos e adultos maduros, buscando estabelecer padrões normativos e investigar o impacto do envelhecimento em funções cognitivas. **Métodos:** Trata-se de um estudo observacional de delineamento transversal, realizado com 60 indivíduos divididos em dois grupos: 30 adultos jovens (que apresentassem de 20 a 35 anos) e 30 adultos maduros (que apresentassem de 40 a 55 anos). Todos os indivíduos responderam à Escala de Autopercepção de Habilidades do Processamento Auditivo – EAPAC, com adaptações, e passaram pelas seguintes avaliações: Meatoscopia, Imitancimetria, Audiometria Tonal e Vocal, Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300) e Avaliação Neuropsicológica Breve – NEUPSILIN. Para a análise dos dados, foi realizada a análise descritiva das variáveis por meio da distribuição de frequência das variáveis categóricas e das medidas de tendência central e de dispersão para as variáveis contínuas. Para as análises de associação, foram utilizados os testes: t de *Student*, Qui-Quadrado de Pearson, *Mann-Whitney* e *Spearman*. Consideraram-se estatisticamente significativas as associações com valor de $p \leq$

0,05 com intervalos de confiança de 95%. Para gerar a grande média das ondas do P300 de cada grupo etário, foi utilizado o *software* Matlab®. **Resultados:** O grupo de adultos jovens foi composto por 30 indivíduos de 20 a 32 anos de idade, enquanto o grupo de adultos maduros apresenta 30 indivíduos de 40 a 55 anos de idade. Devido ao pareamento por grupo realizado, as distribuições de escolaridade e sexo são as mesmas em ambos os grupos, contando com 17 pessoas do sexo feminino e 13 pessoas do sexo masculino, de escolaridades desde o Ensino Médio completo até a Pós-graduação. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos etários em relação às queixas auditivas e acadêmicas autorrelatadas. O grupo de adultos maduros apresentou pior desempenho nas tarefas de memória total, de memória operacional e de memória verbal, em comparação com o grupo mais jovem. Além disso, as ondas do P300 apresentaram morfologia menos definida e a latência de P3 foi mais tardia a partir dos 40 anos de idade. Por fim, ao associar a latência e a amplitude do componente P3 ao NEUPSILIN, foi observada a correlação negativa moderada da latência de P3 com as tarefas de memória total e operacional, e correlação positiva fraca da amplitude N2-P3 com as tarefas de linguagem escrita, vocábulos e fluência verbal. **Conclusão:** Confirmou-se o exame P300 como marcador sensível de alterações cognitivas relacionadas ao envelhecimento cognitivo saudável, ao revelar aumento na latência do componente P3 associado ao pior desempenho em tarefas de memória em indivíduos acima de 40 anos de idade em comparação com o grupo mais jovem. Foram estabelecidos, por meio dos achados, dados normativos para os dois grupos etários. Entre as limitações, destacam-se a ausência de uma bateria neuropsicológica completa e a falta de controle de algumas variáveis, como uso de medicamentos e estilo de vida. Sugere-se que futuras pesquisas considerem esses aspectos e explorem delineamentos longitudinais para aprofundar o entendimento das mudanças eletrofisiológicas ao longo do envelhecimento. Os achados desta dissertação contribuem para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas e interventivas que promovam a qualidade de vida de adultos e de idosos.

Descritores: potenciais evocados P300; envelhecimento cognitivo; adulto; fonoaudiologia; neuropsicologia

ABSTRACT

Introduction: Population aging poses significant challenges to public health, particularly in preserving cognitive functions. Among the promising tools for investigating cognitive aging are Long-Latency Auditory Evoked Potentials (LLAEPs), especially the P3 component, and neuropsychological assessments such as NEUPSILIN. Studies show that aging is associated with increased latency and reduced amplitude of the P300, indicating slower cognitive processing. However, there is a lack of normative data for Brazilian adults, particularly with detailed age group stratifications, which complicates the early identification of cognitive decline. Therefore, integrating neuropsychological data with normative P300 patterns is essential to distinguish healthy aging from pathological conditions, contributing to more accurate clinical interventions. **Objective:** To describe and compare Long-Latency Auditory Evoked Potentials and neuropsychological skills in young adults and middle-aged adults, aiming to establish normative data and investigate the impact of aging on cognitive functions. **Methods:** This was an observational, cross-sectional study conducted with 60 participants divided into two groups: 30 young adults (20–35 years) and 30 middle-aged adults (40–55 years), matched by group. All participants completed the Self-Perception Scale of Auditory Processing Skills (EAPAC) with adaptations and underwent the following assessments: otoscopy, immittance testing, pure-tone and speech audiometry, Long-Latency Auditory Evoked Potentials (P300), and Brief Neuropsychological Assessment (NEUPSILIN). Descriptive analyses were performed using frequency distribution for categorical variables and measures of central tendency and dispersion for continuous variables. For association analyses, the following tests were used: Student's t-test, Pearson's chi-square, Mann-Whitney, and Spearman correlation. Associations with a p-value ≤ 0.05 and 95% confidence intervals were considered statistically significant. To generate the grand average of the P300 waves for each age group, the Matlab® software was used. **Results:** The young adult group consisted of 30

individuals aged 20–32 years, while the middle-aged group included 30 participants aged 40–55 years. Due to group matching, both groups had identical distributions of education levels and sex, with 17 females and 13 males, ranging from high school graduates to postgraduates. There were no statistically significant differences between the age groups regarding self-reported auditory and academic complaints. The middle-aged group showed poorer performance in tasks involving total memory, working memory, and verbal memory compared to the younger group. Additionally, P300 waveforms exhibited less defined morphology, and P3 latency had longer latencies after 40 years of age. Furthermore, associations between P3 latency and amplitude and NEUPSILIN scores revealed a moderate negative correlation between P3 latency and total and working memory tasks, as well as a weak positive correlation between N2-P3 amplitude and tasks involving written language, vocabulary, and verbal fluency. **Conclusion:** The P300 was confirmed as a sensitive marker of cognitive changes related to healthy cognitive aging, revealing increased P3 latency associated with poorer memory task performance in individuals over 40 years compared to younger participants. Normative data for the two age groups were also established. Limitations include the absence of a comprehensive neuropsychological battery and lack of control over variables such as medication use and lifestyle. Future research should address these factors and adopt longitudinal designs to deepen the understanding of electrophysiological changes during aging. The findings of this dissertation contribute to the development of diagnostic and interventional strategies that enhance the quality of life for adults and older adults.

Keywords: event related potentials, P300; cognitive aging; adult; speech, language and hearing sciences; neuropsychology

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO

Figura 1. Registro dos PEALL 25

Figura 2. Subcomponentes P3a e P3b 27

MÉTODOS

Figura 1. Descrição da coleta de dados 57

Figura 2. Posicionamento de eletrodos no P300 60

MANUSCRITO

Figura 1. Fluxograma da coleta de dados 72

Figura 2a. Grande média das ondas do P300 de adultos jovens 80

Figura 2b. Grande média das ondas do P300 de adultos maduros 80

Figura 3. Boxplot das latências do P300 por grupo etário 80

LISTA DE TABELAS

MÉTODOS

Tabela 1. Questionário sobre autopercepção de habilidades auditivas e acadêmicas	54
Tabela 2. Protocolo de registro do exame P300	59

MANUSCRITO

Tabela 1. Dados sobre autopercepção de habilidades auditivas e acadêmicas	73
Tabela 2. Protocolo de registro do exame P300	75
Tabela 3. Análise descritiva das características gerais da amostra	77
Tabela 4. Associação entre grupos etários em relação às queixas acadêmicas e auditivas	78
Tabela 5. Associação entre grupos etários em relação ao desempenho no NEUPSILIN	78
Tabela 6. Associação entre grupos etários em relação ao P300	81
Tabela 7. Correlação entre habilidades neuropsicológicas e P3	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CFFa	Conselho Federal de Fonoaudiologia
Cz	Ponto central da cabeça
da	Deca
dB	Decibel
EAPAC	Escala de Autopercepção sobre Habilidades do Processamento Auditivo Central
ERP	<i>Event-Related Potential</i>
FE	Funções executivas
Fpz	Linha média da parte frontal do couro cabeludo
G1	Grupo de jovens adultos
G2	Grupo de adultos maduros
Hz	Hertz
IC	Intervalo de confiança
IPRF	Índice Percentual de Reconhecimento de Fala
k	Quilo
LLAEP	<i>Long Latency Auditory Evoked Potentials</i>

M1	Mastoide direita
M2	Mastoide esquerda
MEEM	Mini Exame do Estado Mental
ms	Milissegundos
N	Negativo
n	Número de participantes
NA	Nível de Audição
OD	Orelha Direita
OE	Orelha Esquerda
Ohms	Unidade de medida da resistência elétrica
OMS	Organização Mundial de Saúde
P	Positivo
Pa	Pascal
PAC	Processamento Auditivo Central
PEALL	Potenciais auditivos evocados de longa latência
pps	Pulsos por segundo
P300	Exame Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência
RE	Reflexos Estapedianos
SNC	Sistema Nervoso Central
SRT	Teste do Limiar de Recepção de Fala

TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TPAC	Transtorno do Processamento Auditivo Central
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
V	Volts
μ	Micro
%	Porcentagem
$^{\circ}$	Grau

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
1.1 Considerações iniciais	22
1.2 Referências	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 Potenciais evocados auditivos de longa latência (PEALL)	25
2.2 Neuropsicologia	29
2.2.2 <i>Orientação têmporo-espacial</i>	30
2.2.2 <i>Atenção</i>	30
2.2.3 <i>Percepção</i>	31
2.2.4 <i>Memória</i>	31
2.2.5 <i>Habilidades aritméticas</i>	33
2.2.6 <i>Linguagem</i>	33
2.2.7 <i>Praxias</i>	34
2.2.8 <i>Funções executivas</i>	35
2.3 Envelhecimento cognitivo saudável	37
2.4 Envelhecimento cognitivo e P300	40
2.5 Referências	43

3 OBJETIVOS	52
3.1 Objetivo geral	52
3.2 Objetivos específicos	52
3.3 Hipótese a testar	52
4 MÉTODOS	53
4.1 Desenho de estudo e aspectos éticos	53
4.2 Amostra	53
4.3 Procedimentos	58
4.4 Análise de dados	61
4.5 Referências	62
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5.1 ARTIGO: Potenciais evocados auditivos de longa latência e habilidades neuropsicológicas em diferentes fases da vida adulta: um estudo transversal sobre o envelhecimento	64
5.1.1 <i>Resumo</i>	64
5.1.2 <i>Introdução</i>	66
5.1.3 <i>Métodos</i>	69
5.1.4 <i>Resultados</i>	77

<i>5.1.5 Discussão</i>	84
<i>5.1.6 Conclusão</i>	90
<i>5.1.7 Agradecimentos</i>	91
<i>5.1.8 Referências</i>	92
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
APÊNDICES	99
Apêndice I. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	99
Apêndice II. Questionário sobre autopercepção de habilidades auditivas e acadêmicas adaptado da EAPAC	102
Apêndice III. Roteiro estruturado para anotação dos dados coletados	103
ANEXOS	104
Anexo I. Resolução 10/2020 de 04 de junho de 2020, do curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da UFMG	104
Anexo II. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG	106
Anexo III. Escala de Autopercepção das Habilidades do Processamento Auditivo Central (EAPAC)	109
Anexo IV. Critério de classificação na Imitanciometria contido no Guia de Orientação na Avaliação Audiológica	110

Anexo V. Critérios de classificação na Audiometria Tonal Limiar contidos no Guia de Orientação na Avaliação Audiológica	111
--	-----

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Durante minha graduação em Fonoaudiologia, participei de atividades de iniciação científica e de projetos voltados para o Processamento Auditivo Central (PAC) e os aspectos neuropsicológicos em adultos. Isso me permitiu observar, de forma subjetiva, algumas diferenças no desempenho entre adultos de idades distintas e me fez refletir sobre o processo de envelhecimento cognitivo de indivíduos saudáveis.

Após finalizar a graduação, direcionei minha atuação para a Audiologia Clínica, realizando exames eletrofisiológicos como o Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência, popularmente conhecido como P300. O P3, também denominado como potencial cognitivo, está associado a habilidades como atenção e memória⁽¹⁾. Esse dado, somado às experiências que obtive durante e após a graduação, motivaram-me a buscar, cientificamente, associações entre o P300 e as avaliações neuropsicológicas.

Ademais, o exame P300 tem sido empregado de forma crescente na investigação do envelhecimento e das demências. Isso porque pesquisas têm apontado aumento de latência com o aumento da idade e, em maior evidência, nas demências. Goodin et al (1978)⁽²⁾ demonstrou que há aumento da latência de P3 a partir dos 15 anos de idade, o que foi confirmado na pesquisa de McPherson (1996)⁽¹⁾, que evidenciou o aumento de latência em adultos cognitivamente saudáveis, existindo diferença entre as faixas etárias de: 17 a 30 anos, 30 a 50 anos e 50 a 70 anos de idade.

Em minhas buscas bibliográficas, encontrei alguns padrões de normalidade do P300 em adultos. Entretanto, grande parte desses⁽³⁻⁶⁾ se encarregaram de comparar adultos jovens aos

idosos, de analisar resultados apenas de adultos jovens ou de definir valores para a população adulta (18 a 59 anos) como um todo, sem dividi-la para obter dados normativos. Por isso, tive em vista analisar a apresentação dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência em adultos, dividindo-os em dois grupos por faixa etária: jovens adultos (que tenham de 20 a 35 anos), e adultos maduros (que tenham de 40 a 55 anos). Considerando que podem existir variações do P300 entre grupos étnicos⁽⁷⁾, é importante e válido obter dados de referência para a população brasileira, em diferentes faixas etárias.

Para facilitar o entendimento, a nomenclatura “P300” será utilizada para se referir ao exame que avalia os PEALL, enquanto o termo “P3” será utilizado para se referir ao potencial eletrofisiológico P3 encontrado por volta de 300ms.

Este estudo faz parte do Projeto de Pesquisa “Autopercepção de habilidades do processamento auditivo em estudantes do ensino superior e impacto no desempenho acadêmico” (CAAE: 37605314.5.0000.5149), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFMG sob parecer número 6.470.575.

A escrita deste volume está pautada na Resolução 10/2020, de quatro de junho de 2020, que regulamenta o formato de dissertações do Curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da UFMG. Optou-se por redigir a dissertação em formato de artigo, descrito abaixo:

- Manuscrito: Potenciais evocados auditivos de longa latência e habilidades neuropsicológicas em diferentes fases da vida adulta: um estudo transversal sobre o envelhecimento

Acredito que o presente trabalho contribuirá para o entendimento sobre o envelhecimento cognitivo em indivíduos saudáveis, permitindo a identificação de alterações

que precedem diagnósticos de demência e possibilitando intervenções mais eficazes em tempo oportuno.

1.3 Referências

1. McPherson DL. Late potentials of the auditory system. San Diego: Singular Publishing Group; 1996. 158p.
2. Goodin DS, Squires KC, Henderson BH, Starr A. Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1978; 44: 447-458.
3. Kraus N, McGee T. Potenciais auditivos de longa latência. In: Katz J, editor. *Tratado de audiologia clínica*. São Paulo: Manole; 1999. p.403-420.
4. Didoné DD et al. Auditory evoked potential P300 in adults: reference values. *Einstein*. 2016; 14(2): 208–212. DOI: 10.1590/S1679-45082016AO3586
5. Pfefferbaum A, Ford JM, Roth WT, Kopell BS. Age-related changes in auditory event-related potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1980;49:266-76.
6. Oliveira et al. Cognitive performance and long-latency auditory evoked potentials: a study on aging. *Clinics*. 2021;76:1-7. DOI:10.6061/clinics/2021/e1567
7. Lewis RS, Goto SG, Kong LL. Culture and context: East Asian American and European American differences in P3 event-related potentials and self-construal. *Pers Soc Psychol Bull*. 2008;34:623-34

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL)

Os potenciais evocados auditivos representam sinais elétricos que se originam em resposta a estímulos sonoros⁽¹⁾. De acordo com o intervalo de tempo em que ocorre o pico dos potenciais, em milissegundos, esses podem ser classificados como de curta, média ou longa latência⁽²⁾.

Conforme indicado por McPherson (1996)⁽²⁾, os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência se manifestam, aproximadamente, 50ms após a apresentação do estímulo sonoro. Dentre os PEALL, podemos citar P1, N1, P2, N2 e P3⁽¹⁾.

O registro dos PEALL é composto por uma sequência de picos com polaridade negativa-positiva-negativa-positiva acima e abaixo da linha de base⁽³⁾. P1 apresenta polaridade positiva e pode ser considerado tanto como um componente resposta aos potenciais de média latência quanto um potencial tardio⁽³⁾, por aparecer cerca de 54ms a 73ms⁽²⁾. Seguindo a sequência N1-P2-N2-P3, as medidas de latência se encontram, em média: N1 ao redor de 100ms; P2 próximo a 160ms; N2 ao redor a 200ms e P3 por volta de 300ms⁽⁴⁾. A figura 1 demonstra os componentes dos PEALL.

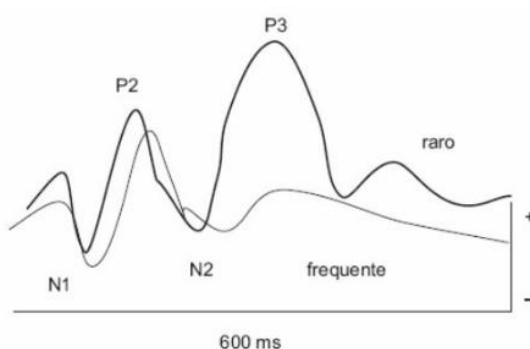


Figura 1. Registro dos PEALL. Fonte: Reis e Frizzo, 2015⁽⁵⁾

Diversas regiões cerebrais participam da geração dos PEALL. O hipocampo, o sistema límbico, o tálamo, as áreas auditivas do córtex cerebral e o lobo frontal são algumas das principais regiões envolvidas^(1,4). Especificamente, supõe-se que o componente P1 é gerado na transição entre o tálamo e o córtex auditivo, enquanto N1 tem origem no córtex auditivo supratemporal⁽⁶⁾. P2, por sua vez, é possivelmente gerado no córtex auditivo supratemporal lateral-frontal e o componente N2, considerado um potencial na faixa de transição, também se origina no córtex auditivo supratemporal⁽⁶⁾. Em relação ao componente P3, sugere-se que as vias que envolvem o córtex pré-frontal, a formação reticular mesencefálica e o tálamo medial estejam associados, visto que essas estruturas atuam no regulamento da atenção seletiva⁽⁷⁾.

A resposta aos potenciais de longa latência se caracteriza por ser menos determinada pela frequência ou intensidade do estímulo e mais pela atenção ao estímulo⁽³⁾. Pode-se dividir os PEALL em exógenos e endógenos. Os potenciais evocados exógenos são aqueles produzidos por eventos externos relacionados às características do estímulo que o provocaram e são representados pelo complexo P1-N1-P2^(1,4). Eles refletem as características acústicas e temporais do estímulo e fornecem informações da chegada do estímulo auditivo ao córtex e do início do processamento cortical, indicando se o estímulo sonoro foi recebido adequadamente ao nível do córtex auditivo⁽⁴⁾. Por isso, os potenciais exógenos podem ser um instrumento de avaliação da sensibilidade auditiva funcional e mais completa. Já os potenciais endógenos (N2-P3) são aqueles relacionados ao evento cortical (ERP) e envolvem a realização de uma tarefa cognitiva, refletindo a atividade de áreas auditivas corticais^(1,4).

O exame Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300) representa um procedimento eletrofisiológico único no sentido de oferecer informações valiosas sobre os processos neurofisiológicos que ocorrem no córtex cerebral, uma vez que requer que o indivíduo processe um estímulo que não estava previsto. Essa manifestação eletrofisiológica da

estratégia empregada pelo Sistema Nervoso Central (SNC) demanda tarefas relacionadas à cognição, à discriminação das características sonoras, ao processamento auditivo temporal, à atenção e à memória auditivas^(8,9).

A onda P3, conhecida como potencial cognitivo^(1,8), é obtida ao solicitar que a atenção se dirija para o estímulo raro, em meio a estímulos frequentes⁽⁴⁾. Essa tarefa é apresentada no paradigma *oddball*, ou seja, é uma tarefa que apresenta estímulos com diferenças entre si⁽⁴⁾. A distinção entre estímulos frequentes e raros pode acontecer de diversas formas, sendo a mais comum estabelecida com base em diferentes frequências sonoras, geralmente utilizando 1000Hz para estímulos frequentes e 2000Hz para estímulos raros^(1,10). Na figura 1, é possível visualizar que, no traçado de onda frequente, não aparece a onda P3, pois essa formação depende da atenção direcionada ao estímulo raro.

Podem ser visualizados dois subcomponentes na onda P3 (duplo pico): P3a e P3b. O P3a ocorre de forma precoce, sendo percebido por volta de 240ms, e acontece automaticamente em resposta às grandes diferenças dos estímulos, mesmo que o indivíduo não esteja prestando atenção ativamente aos estímulos sonoros⁽⁴⁾. Esse pico tem sido correlacionado aos processos precoces de alerta e anormalidades nesse componente estão associadas a lesões do lobo frontal ou do hipocampo⁽⁴⁾. O P3b, que ocorre tardiamente, é observado em média em 350ms e é observado apenas quando o indivíduo discrimina ativamente os estímulos⁽⁴⁾. A figura 2 demonstra o duplo pico de P3.

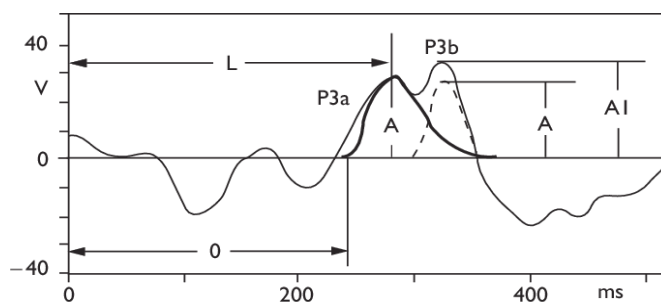


Figura 2. Subcomponentes P3a e P3b. Fonte: Meares et al, 2004⁽¹¹⁾

Todavia, embora muitas pessoas apresentem os subcomponentes P3a e P3b, nem todos os indivíduos produzem o duplo pico confiável do pico positivo maior⁽¹²⁾. Dessa forma, a medição desses componentes pode se tornar problemática, principalmente devido ao aumento de variabilidade morfológica e de latência encontrada clinicamente⁽¹²⁾.

A análise da latência de onda é o parâmetro mais importante na análise do P300, sendo utilizada para avaliar a função mental em várias condições de saúde⁽¹²⁾. Essa, na onda P3, geralmente situa-se entre 300 e 500ms⁽¹²⁾. A amplitude é outro parâmetro relevante para interpretação dos resultados, estando associada à medição do “tamanho” da atividade elétrica⁽⁴⁾. Entretanto, a faixa de normalidade para a amplitude de P3 encontrada na literatura apresenta muita variabilidade, estando entre 1,7 a 19,0 microvolts⁽³⁾. Assim, ainda são necessários estudos para normatização desse parâmetro.

Alterações na latência e amplitude do P3 podem indicar comprometimentos em diversas condições neurológicas, incluindo demência, esquizofrenia, transtornos de déficit de atenção e transtorno do processamento auditivo central^(2,13,14). Por isso, o P300 tem sido amplamente utilizado em contextos clínicos, como na avaliação de distúrbios cognitivos e do processamento auditivo central, sendo uma ferramenta potencial para a verificação de fatores que afetam o sistema cognitivo-auditivo^(2,4,12).

2.2 Neuropsicologia

Em 26 de setembro de 2014, a Resolução do Conselho Federal de Fonoaudiologia (CFFa) nº 453⁽¹⁵⁾ reconheceu a Neuropsicologia como área de especialidade da Fonoaudiologia. Na resolução nº 466 de 2015⁽¹⁶⁾, o CFFa dispôs sobre as atribuições e as competências relativas ao profissional fonoaudiólogo especialista em Neuropsicologia. Tal profissional está apto a: prevenir, tratar e gerenciar os distúrbios que afetam a comunicação humana e sua interface com a cognição, relacionando-a com o funcionamento cerebral; atuar junto a indivíduos com queixas comunicativas e cognitivas assim como àqueles que apresentam alterações neuropsicológicas; participar da elaboração, execução e acompanhamento de projetos e de programas que envolvam a comunicação e a cognição; realizar e divulgar estudos e pesquisas científicas que contribuam para o crescimento da educação e para a consolidação da atuação fonoaudiológica no âmbito da Neuropsicologia⁽¹⁶⁾.

Para avaliar as habilidades cognitivas, são realizados testes neuropsicológicos para detectar funções que estão preservadas e que estão deficitárias⁽¹⁷⁾. Nesse cenário, podemos citar:

- Teste de Nomeação de Boston⁽¹⁸⁾: identifica dificuldades de acesso lexical, comuns em pacientes com Afasia;
- Miniexame do Estado Mental (MEEM)⁽¹⁹⁾: fornece uma visão geral, de forma breve, das funções cognitivas, como: orientação; memória imediata; atenção e cálculo; e habilidades de linguagem e visuoconstrução;
- Teste dos Cinco Dígitos⁽²⁰⁾: avalia as habilidades de velocidade de processamento, de atenção, de memória de trabalho (ou operacional) e de controle inibitório;
- Avaliação neuropsicológica breve – NEUPSILIN⁽¹⁷⁾: analisa as funções cognitivas de orientação têmporo-espacial, atenção (concentrada e focalizada), percepção (visual), memória (de trabalho, verbal, episódica, semântica, visual, de curto prazo e

prospectiva), habilidades aritméticas, linguagem oral e escrita, praxias (ideomotora, construtiva e reflexiva) e funções executivas.

Nesta pesquisa foi escolhido o NEUPSILIN para analisar as habilidades neuropsicológicas, pois trata-se de uma avaliação neuropsicológica com tempo reduzido quando comparado a uma bateria neuropsicológica completa, mas com maior robustez e detalhes do que uma triagem. As principais funções cognitivas avaliadas por esse instrumento serão descritas abaixo:

2.2.1 Orientação têmporo-espacial

A orientação têmporo-espacial permite que os indivíduos sejam capazes de inserir-se, orientar-se e deslocar-se em um ambiente⁽²¹⁾. Ela estabelece relações entre os objetos subsidiando os pensamentos abstratos⁽²¹⁾. Por meio de uma orientação espacial e temporal precisa, é possível toda busca de adaptação, de seleção e de transformação do ambiente⁽²¹⁾. Além disso, essa habilidade permite que o indivíduo construa referências sobre as constâncias da natureza e do ambiente (como medidas de tamanho, de profundidade e de tempo)⁽²¹⁾.

A orientação têmporo-espacial não é independente das outras funções cognitivas e, portanto, não constitui um sistema neural simples⁽¹⁷⁾. Essa orientação requer recursos atencionais, visuais, de raciocínio e de memória⁽¹⁷⁾. O desempenho nas funções supracitadas pode caracterizar a razão da dificuldade têmporo-espacial⁽¹⁷⁾.

2.2.2 Atenção

A atenção é classificada como todo processo associado à seleção e à organização da informação, ou seja, é aquilo que processa os componentes básicos necessários para a concentração e a ação⁽¹⁷⁾.

Essa habilidade pode ser dividida em algumas sub-habilidades: detecção de sinais - em que o surgimento de um estímulo específico é identificado-; atenção seletiva - utilizada para focar em alguns estímulos enquanto se ignora outros-; atenção dividida - em que os recursos de atenção disponíveis são alocados para coordenar o desempenho de mais de uma tarefa simultaneamente⁽²²⁾. Tem-se, ainda, a atenção sustentada, que se refere à capacidade de manter o foco específico, de forma consciente, por um longo período para a realização de determinadas atividades⁽²¹⁾.

Todos os tipos de atenção supracitados podem ser de diferentes modalidades, de acordo com o sentido que recebe os estímulos, como, por exemplo, atenção visual ou auditiva⁽¹⁷⁾.

2.2.3 Percepção

Essa função cognitiva é responsável pela identificação sensorial e não-verbal de objetos e do ambiente e a especificação desses pelos detalhes fundamentais⁽²¹⁾. Uma alteração nessa habilidade faz com que o indivíduo não consolide, de forma precisa, sua observação em detalhes dos objetos e do ambiente⁽²¹⁾.

Os seres humanos apresentam três sistemas perceptuais bem desenvolvidos: o visual, o auditivo-visual e o somestésico⁽¹⁷⁾. Todos esses sistemas dependem de receptores sensoriais. Assim, em relação ao sistema visual, há neurônios na retina ocular que partem para a zona cortical da percepção do córtex do lobo occipital⁽¹⁷⁾. No sistema auditivo-visual, neurônios que se originam na cóclea dirigem-se para as áreas auditivas corticais. Em relação ao sistema somestésico, neurônios de todo o corpo transmitem sensações táteis⁽¹⁷⁾.

2.2.4 Memória

Uma das primeiras divisões do sistema de memória inclui a memória de curto e de longo prazo⁽¹⁷⁾. A memória de curto prazo é aquela que fica armazenada por um breve período e logo

se perde, enquanto a de longo prazo é mais duradoura, podendo permanecer por uma vida inteira⁽¹⁷⁾.

Atualmente, o modelo de memória de trabalho (ou operacional) é amplamente utilizado e aceito⁽²²⁾. Essa é aquela que armazena as informações necessárias para uma tarefa, ou seja, sua duração depende do tempo de duração da atividade⁽¹⁷⁾. Para realizar essa função, a memória de trabalho age guardando apenas a porção mais recente ativada da memória de longo prazo e movimenta esses elementos para dentro e para fora da armazenagem de memória temporária e breve⁽²³⁾. Essa modalidade está fortemente ligada à atenção, pois demanda vários recursos cognitivos⁽¹⁷⁾.

A memória de longo prazo pode ser dividida em memórias explícitas e implícitas⁽¹⁷⁾. As explícitas são aquelas que podem ser verbalizadas, enquanto as implícitas são aquelas que se relacionam, por exemplo, a um procedimento, ou seja, não são facilmente verbalizáveis⁽¹⁷⁾.

As memórias explícitas podem ser episódicas ou semânticas⁽¹⁷⁾. As episódicas se relacionam à experiência de eventos, enquanto as semânticas se relacionam a fatos que são aprendidos sob forma verbal⁽¹⁷⁾. Além dessas, pode-se citar a memória prospectiva, que se refere à recordação de uma ação que foi anteriormente planejada, por exemplo lembrar o horário de um compromisso⁽¹⁷⁾.

Pode-se relatar que as memórias passam por três etapas: codificação, em que as informações são interpretadas; armazenamento, em que as lembranças são consolidadas; e recuperação, em que há a possibilidade de buscar os conhecimentos anteriormente adquiridos quando necessário⁽¹⁷⁾.

2.2.5 *Habilidades aritméticas*

O senso numérico é a habilidade de compreender e de manipular quantidades numéricas⁽²⁴⁾. Os indivíduos apresentam uma tendência inata para o processamento numérico, que se desenvolve de forma gradual, por meio de estímulos⁽²⁵⁾.

Diversos fatores podem interferir no desenvolvimento das habilidades aritméticas, como condições biológicas, cognitivas, educacionais e socioeconômicas^(25,26). Dificuldades no processamento numérico e na realização de cálculos aritméticos são nomeadas discalculias ou acalculias⁽¹⁷⁾.

2.2.6 *Linguagem*

A linguagem é uma habilidade neurológica sofisticada e complexa, composta por dimensões linguísticas interconectadas⁽²⁷⁾. Por meio dela, o homem pode comunicar-se consigo mesmo e com outros indivíduos, transmitindo e recebendo pensamentos, sentimentos, aprendizados, entre outros^(28,29). A linguagem configura-se como oral, escrita, tátil, gestual e possui os componentes receptivo (compreensão) e expressivo (produção)⁽¹⁷⁾.

Para utilizar a linguagem, há dois aspectos fundamentais: codificação, em que há a transformação dos pensamentos de forma que possa ser expressa como *output* linguístico (por meio da fala, de sinais ou da escrita); e decodificação, em que o interlocutor decifra o significado com base no sistema de referência simbólica que foi utilizado⁽²²⁾.

A linguagem pode ser subdividida em unidades menores⁽²²⁾. A menor unidade de fala é o fone, que representa um único som vocal, podendo ser parte ou não de um sistema de língua específica⁽²²⁾. Já o fonema é a menor unidade de som de fala utilizada para distinguir uma expressão vocal em uma língua de outra⁽²²⁾.

Posteriormente ao fonema, deve-se citar o morfema, que se expressa como a menor unidade capaz de denotar significado em uma determinada língua⁽²²⁾. Entre os morfemas, existem aqueles de conteúdo - que são palavras que transmitem o núcleo do significado de uma língua - e os de função - que acrescentam detalhes ao significado dos morfemas e os adequam ao contexto gramatical⁽²²⁾ - .

Seguindo a hierarquia, o léxico é o conjunto de morfemas de uma determinada língua ou do repertório linguístico de uma pessoa⁽²²⁾. O próximo nível de análise é a sintaxe, que representa a forma como os sujeitos organizam palavras para formar sentenças em dada língua⁽²²⁾. Esta parte é essencial para a compreensão da língua⁽²²⁾.

Em complemento à sintaxe, deve-se citar a semântica, que se denomina como o estudo do significado em uma língua⁽²²⁾. Os semanticistas estudam a forma como as palavras expressam significado⁽²²⁾.

Por fim, existe o discurso, composto pelo uso da linguagem em aspectos como conversação, parágrafos, histórias e obras literárias⁽²²⁾.

Além dos componentes linguísticos citados acima, deve-se citar o aspecto funcional, denominado pragmática^(28,30). A pragmática transpassa a subjetividade da linguagem, estando associada aos atos, aos meios e às funções comunicativas⁽²⁹⁾.

2.2.7 Praxias

Praxias são as habilidades relacionadas à execução gestual, seja esse processo para a execução de um ou vários movimentos⁽¹⁷⁾. Essa função pode ser ideomotora, ideatória, construtiva e reflexiva⁽³¹⁾. As dificuldades gestuais são nomeadas apraxias⁽¹⁷⁾.

A apraxia ideomotora é a dificuldade de realizar um movimento sem a presença de um objeto para fornecer pista, pois o indivíduo não consegue elaborar a imagem mental do

movimento^(17,31). Essa dificuldade pode estar associada a problemas de linguagem e a lesões no hemisfério esquerdo⁽¹⁷⁾. Já a apraxia ideatória é a dificuldade de realizar movimentos com a presença de um objeto como pista⁽¹⁷⁾.

Além disso, tem-se a apraxia construtiva, que reflete a dificuldade em reproduzir uma imagem a partir de um modelo físico ou por meio de imagens semelhantes com as quais a pessoa já teve contato anteriormente⁽¹⁷⁾. E, por fim, a apraxia reflexiva, que consiste na dificuldade de imitar gestos⁽¹⁷⁾.

As apraxias são capazes de causar impactos negativos na vida dos indivíduos afetados, pois há dificuldades de se expressar e de manipular objetos⁽³²⁾.

2.2.8 Funções executivas

As funções executivas (FE) estão associadas ao controle e à regulação de processos cognitivos bem como ao cumprimento de metas⁽¹⁷⁾. Elas são ativadas pela região pré-frontal⁽¹⁷⁾.

As FE envolvem diversos processamentos cognitivos, que se associam à capacidade de integrar e de manipular informações⁽³³⁾ por meio de associações realizadas entre as habilidades de controle inibitório, de manutenção e mudança da atenção, de planejamento, de categorização, de flexibilidade cognitiva, dentre outros⁽¹⁷⁾.

A disfunção executiva pode ocasionar dificuldades de atenção, de planejamento, de organização, de abstração, de tomada de decisões, de linguagem expressiva, de memória evocativa, dentre outros⁽³⁴⁾.

As funções executivas podem ser divididas em três habilidades principais: controle inibitório, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva^(35,36). O controle inibitório é responsável pela capacidade de planejar as ações, avaliando estímulos e ignorando aqueles que

não são o alvo da meta a ser cumprida⁽³⁷⁾. A atenção seletiva está associada a essa habilidade, uma vez que permite ignorar estímulos não relevantes naquele momento⁽³⁷⁾.

A memória de trabalho, já mencionada anteriormente, permite que as pessoas adquiram, retenham e recordem informações pelo tempo necessário para realização de uma atividade⁽³⁸⁾. Por fim, a flexibilidade cognitiva é a capacidade de alternar tarefas ou objetivos preestabelecidos, permitindo a percepção de objetos sob diferentes interpretações⁽³⁹⁾.

Ao refletir sobre as Funções Executivas, percebe-se que essas habilidades possuem um importante papel em diversas áreas da vida, como aprendizagem e desempenho escolar, além de independência em atividades de vida diária e funcionalidade^(40,41).

2.3 Envelhecimento cognitivo saudável

Os sistemas biológicos começam a apresentar declínios funcionais a partir dos 40 anos de idade⁽⁴²⁾. Um estudo realizado⁽⁴³⁾ observou declínios graduais, relacionados à idade, na capacidade cognitiva em mecanismos de velocidade de processamento, na memória de trabalho e na memória de longo prazo, iniciando na fase adulta jovem.

Outro ponto relevante é o fato de a inteligência fluida atingir seu pico na terceira década de vida e depois diminuir a uma taxa estimada de -0,02 desvios-padrão por ano⁽⁴⁴⁻⁴⁷⁾. Essa habilidade engloba as funções executivas, a velocidade de processamento, a memória e a capacidade psicomotora⁽⁴⁴⁻⁴⁷⁾.

Um fator importante, que contribui para as diferenças de aspectos do funcionamento cognitivo relacionadas à idade - como a memória -, é a redução da velocidade com que muitas operações cognitivas podem ser executadas⁽⁴⁸⁾. O envelhecimento cognitivo está associado ao declínio de componentes das funções executivas, em que há uma desaceleração na velocidade de processamento da tomada de decisão e uma maior latência na reatividade da memória de trabalho⁽⁴⁹⁾.

A velocidade mais lenta para executar operações cognitivas não é considerada a única fonte de diferenças relacionadas à idade, pois há outros fatores também postulados. Todavia, tal aspecto é visto como um dos principais contribuintes para as diferenças entre as medidas cognitivas na idade adulta^(48,50,51). Os efeitos da velocidade no funcionamento cognitivo podem ser indiretos, porque alteram processos (como abstração, elaboração ou integração) em termos de eficácia, de forma a afetar diretamente o desempenho cognitivo⁽⁴⁹⁾.

Vale ressaltar que os adultos mais velhos apresentam pior desempenho em comparação aos adultos mais jovens numa variedade de testes de aprendizagem e memória⁽⁵²⁾. Alterações de memória relacionadas à idade podem estar associadas à lentidão, à menor velocidade de

processamento⁽⁵³⁾, à capacidade reduzida de ignorar informações irrelevantes⁽⁵⁴⁻⁵⁶⁾ e à diminuição do uso de estratégias responsáveis por melhorar o aprendizado e a memória⁽⁵⁷⁻⁵⁹⁾. A capacidade de atenção auditiva simples, por sua vez, mostra apenas um ligeiro declínio na idade avançada⁽⁴⁶⁾. Um efeito de idade mais perceptível é observado em tarefas de atenção mais complexas, como atenção seletiva e dividida⁽⁴⁶⁾.

Um estudo visando à normatização de dados para a avaliação neuropsicológica breve – NEUPSILIN⁽¹⁷⁾ - observou diferenças estatisticamente significantes em relação à variável idade na maioria das tarefas avaliadas pelo teste, mais especificamente as tarefas de: repetição de sequência de dígitos, verificação de igualdades e diferenças de linhas, heminegligência visual, percepção e reconhecimento de faces, memória de trabalho, memória verbal episódico-semântica, memória semântica de longo prazo, memória visual de curto prazo, memória prospectiva, repetição, linguagem automática, processamento de inferências, escrita espontânea, compreensão escrita, escrita copiada e ditada, praxias construtiva e reflexiva, resolução de problemas e fluência verbal. De forma mais geral, foi percebida diferença significativa, em relação à idade, nas funções neuropsicológicas: percepção, memória, linguagem, praxias e funções executivas⁽¹⁷⁾. Além disso, a variável escolaridade também demonstrou uma influência grande nos resultados do teste⁽¹⁷⁾. Por isso, foi necessário dividir os padrões de normalidade de adultos entre as faixas etárias: 19-39 anos, 40-59 anos, 60-75 anos e 76-90 anos, e entre os anos de escolaridade: 1-4 anos, 5-8 anos, 9 ou mais anos⁽¹⁷⁾.

Algumas habilidades cognitivas, como o vocabulário, são resistentes ao envelhecimento do cérebro e podem até melhorar com a idade. Isto pode ser melhor explicado por tais capacidades referirem-se à inteligência cristalizada, ou seja, devem-se ao acúmulo de informações baseadas nas experiências de vida^(44,52). A retenção de informações que são aprendidas com sucesso é preservada em idosos cognitivamente saudáveis⁽⁶⁰⁾.

Os resultados de comparações transversais e quase longitudinais implicam que o envelhecimento cognitivo saudável é caracterizado por declínios graduais, quase lineares, na velocidade de processamento desde o início da idade adulta⁽⁶¹⁾. Em contraponto, são encontrados declínios acelerados na memória e no raciocínio, com tendência a se tornarem mais acentuados na idade avançada⁽⁶¹⁾.

2.4 Envelhecimento cognitivo e P300

Estudos apontam que a latência do potencial P3 diminui de acordo com o desenvolvimento das crianças⁽⁶³⁾ e aumenta com o envelhecimento normal^(2,4,62). Há diminuição da latência do P3, cerca de 20ms por ano, até os 15 anos de idade, devido à maturação das estruturas envolvidas na produção desse componente^(64,65). Em consonância com esses estudos, foi verificado que a latência de P3 aumenta em média 1,8ms por ano a partir dos 15 anos de idade⁽⁶⁶⁾.

Além da medida de latência, a amplitude desses componentes também demonstra associação com o aumento da idade. Os potenciais que ocorrem após 125ms tendem a diminuir em amplitude com a idade^(67,68).

Essa progressão na latência está associada a mudanças nas funções cognitivas, o que é explicado uma vez que a latência é sensível às demandas de processamento de tarefas e varia conforme as diferenças individuais na capacidade cognitiva⁽⁶⁹⁾. Assim, as latências mais curtas estão associadas a um desempenho cognitivo superior^(70,71).

É consensual, na literatura, que o envelhecimento afeta as medidas de latência e de amplitude do P3⁽⁴⁾. Todavia, é preciso considerar a grande variabilidade entre esses estudos (intrínsecas: nível intelectual, tipo de tarefa, sexo; extrínsecas: parâmetros do estímulo e forma de captação do potencial) para diferentes faixas etárias⁽⁴⁾. Com o aumento da idade, é preciso que o clínico tenha mais cuidado no registro do P300, controlando variáveis como: comprometimento das vias auditivas periférica e/ou central, limiar auditivo e índice de reconhecimento de fala⁽⁴⁾.

É fundamental destacar a importância de comparar cada paciente com o grupo de idade apropriado⁽²⁾, pois a variabilidade normal pode obscurecer os sinais de disfunção cognitiva,

especialmente em populações mais velhas, nas quais as diferenças entre o envelhecimento saudável e patológico podem ser sutis⁽⁷²⁾.

Os processos de envelhecimento, em medidas de potencial evocado auditivo, exibem um curso temporal suave, de forma contínua e aproximadamente linear⁽⁶⁶⁾. Essa linearidade sugere que o processo de envelhecimento é contínuo e uniforme em relação à transmissão neural dentro das porções do sistema nervoso que refletem no potencial evocado auditivo⁽⁶⁶⁾.

Uma possível explicação para o cenário é que a diminuição inferida na taxa de transmissão se deve a uma função alterada dentro das populações neurais envolvidas de cada população, uma vez que há diminuição da quantidade de neurotransmissores excitatórios e inibitórios e suas enzimas associadas, bem como perda de células e de dendritos⁽⁶⁶⁾. Entretanto, as taxas de diminuição apresentam diferentes condições, aparentando ser improvável que esses fatores se combinem para serem os principais responsáveis pelo processo uniforme de envelhecimento cognitivo⁽⁶⁶⁾.

Outra possibilidade é que essa diminuição na taxa de transmissão se deva à redução na velocidade de condução relacionada à idade na mielinização⁽⁷³⁾. A quantidade de lipídios do SNC diminui em 30% entre os 30 e os 90 anos⁽⁷³⁾. Assim, se a proporção de fibras mielinizadas permanecer razoavelmente constante e as alterações lipídicas relacionadas à idade não forem diferenciais, seria possível encontrar mudanças de latência conforme a desaceleração uniforme da transmissão neural⁽⁶⁶⁾.

O exame P300 tem sido amplamente empregado na investigação do envelhecimento e das demências, uma vez que o componente P3 é de fácil observação e reflete os processos de atenção e memória⁽²⁾. O P300 não apenas fornece informações sobre a velocidade de processamento, mas também está intimamente ligado à integridade das funções executivas⁽⁶⁹⁾.

Tanto o envelhecimento saudável quanto a demência resultam em um prolongamento da latência de P3, mas o padrão na mudança de latência dos componentes dos PEALL sugere diferenças significativas entre as duas condições⁽⁷⁴⁾. O envelhecimento “normal” é acompanhado por aumento de latência tanto de P2 quanto de P3, enquanto processos demenciais produzem um aumento adicional em P3, que é somado ao aumento relacionado à idade, mas não afeta a latência de P2⁽⁷⁴⁾.

As medidas eletrofisiológicas possibilitam aos fonoaudiólogos a associação entre aspectos comportamentais e neurofuncionais no sentido de desenvolvimento típico e desviante, permitindo observar fenômenos em tempo real no córtex⁽⁴⁾.

Dessa forma, a existência de uma descrição precisa do envelhecimento saudável é de extrema relevância para fornecer uma linha de base que possa ser utilizada como comparação para o envelhecimento patológico⁽⁶¹⁾. Para usar os potenciais evocados auditivos de longa latência como ferramenta clínica, as alterações que ocorrem no envelhecimento “normal” devem estar bem estabelecidas⁽⁷⁴⁾.

Mesmo que o declínio cognitivo seja pequeno em relação às diferenças associadas a demências, as mudanças graduais que se acumulam ao longo de décadas podem ter efeitos negativos na qualidade de vida⁽⁶¹⁾. Ao monitorar continuamente os processos cognitivos no envelhecimento, é possível identificar precocemente as alterações que precedem o diagnóstico de demência, permitindo intervenções mais eficazes no sentido de minimizar ou de prevenir o declínio cognitivo⁽⁶¹⁾. Portanto, obter padrões de referência para o envelhecimento saudável é um princípio importante para sua prevenção em tempo hábil.

2.5 Referências

1. Hall J. New handbook of Auditory Evoked Responses. Boston: Pearson Education; 2007. 749p.
2. McPherson DL. Late potentials of the auditory system. San Diego: Singular Publishing Group; 1996. 158p.
3. Kraus N, McGee T. Potenciais auditivos de longa latência. In: Katz J, editor. Tratado de audiologia clínica. São Paulo: Manole; 1999. p.403-420.
4. Reis AC; Frizzo AC. Potencial Evocado Auditivo Cognitivo. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo AC, Anatasio AR (org.). Tratado de Audiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015. p. 140-150
5. Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo AC, Anatasio AR (org.). Tratado de Audiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015. Figura 19.4, p.142
6. Munhoz MS, Caovilla HH, Silva ML, Ganança MM. Respostas auditivas de longa latência. In: Munhoz, Caovilla HH, Silva ML, Ganança MM. Audiologia clínica (série otoneurológica). São Paulo: Atheneu; 2000. p.284.
7. Yingling CD, Hosobuchi Y. A subcortical correlate of P300 in man. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology: Evoked Potentials*. 1984; 59(1):72–76. DOI: 10.1016/0168-5597(84)90022-4
8. Sousa LC, Piza MR, Alvarenga KF, Cóser PL. Eletrofisiologia da audição e emissões otoacústicas: princípios e aplicações clínicas. 3ª ed. Ribeirão Preto, SP: Book Toy; 2016. 372p.

9. Picton T, Hillyard S. Endogenous Component of the Event-Related Brain Potential. In: T. Picton, Ed., *Human Event-Related Potentials: EEG Handbook*. Amsterdam: Elsevier; 1988. p. 361-426.
10. Klinker R, Fruhstorfer H, and Finkenzeller P. Evoked responses as a function of external and stored information. *Electroenceph Clin Neurophysiol*. 1968;25:119-122. DOI: 10.1016/0013-4694(68)90135-1
11. Meares R, Melkonian D, Gordon E, Williams L. (2005). Distinct pattern of P3a event-related potential in borderline personality disorder. *Clinical Neuroscience and neuropathology*. 2005;16(3)289-293. Figura 1, p.290. DOI: 10.1097/00001756-200502280-00018.
12. Polich J, Howard L, Starr A. Effects of age on the P300 component of the event-related potential from auditory stimuli: Peak definition, variation, and measurement. *Journal of Gerontology*. 1985; 40(6): 721-726. DOI: 10.1093/geronj/40.6.721
13. Jeon YW, Polich J. Meta-analysis of P300 and schizophrenia: Patients, paradigms, and practical implications. *Psychophysiology*. 2003; 40(5):684-701. DOI: 10.1111/1469-8986.00070
14. Szuromi B, Czobor P, Komlósi S, Bitter I. P300 deficits in adults with attention deficit hyperactivity disorder: A meta-analysis. *Psychological Medicine*. 2011;41(7):1529-1538. DOI: 10.1017/S0033291710001996
15. Conselho Federal de Fonoaudiologia. Resolução CFFa nº 453, de 26 de setembro de 2014. Dispõe sobre o reconhecimento, pelo Conselho Federal de Fonoaudiologia, da Fonoaudiologia Neurofuncional, Fonoaudiologia do Trabalho, Gerontologia e Neuropsicologia como áreas de especialidade de Fonoaudiologia e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União; 2014.

16. Conselho Federal de Fonoaudiologia. Resolução CFFa nº 466, de 22 de janeiro de 2015. Dispões sobre as atribuições e competências relativas ao profissional Fonoaudiólogo Especialista em Neuropsicologia, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da união; 2015.
17. Fonseca RP, Salles JF, Parente MA. Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve Neupsilin. Vol 1. Porto Alegre, Brasil: Vetor; 2009. 126p.
18. Silagi ML, Mansur LL. Teste de Nomeação de Boston. In: Miotto EC, Campanholo KR, Serrao VT, Trevisan BT (org.). Manual de avaliação neuropsicológica: a prática da testagem cognitiva. São Paulo: Memnon; 2018. p.137-139.
19. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. J Psychiatric Res. 1975;12(3):189-98. DOI: 10.1016/0022-3956(75)90026-6
20. Sedó M, de Paula JJ, Malloy-Diniz LF. O Teste dos Cinco Dígitos. São Paulo: Hogrefe; 2015
21. Gomes CM. Funções cognitivas e operações mentais. In: Gomes CM. Feuerstein e a construção mediada do conhecimento. Porto Alegre: Artmed Editora; 2002. p.109–162.
22. Sternberg RJ. Psicologia Cognitiva [Cognitive Psychology]. 4ª ed. São Paulo: Artmed Editora; 2008. 584p. Traduzido por Roberto Cataldo Costa.
23. Doshier BA. Working memory. In: Nadel L (Ed.). Encyclopedia of cognitive science. London, England: Nature Publishing Group; 2003. p.569-577.
24. Dehaene S. Précis of the Number Sense. Mind & Language. 2001;16(1):16-36. DOI: 10.1111/1468-0017.00154

25. Sanchez SL, Blanco MB. O desenvolvimento da Cognição Numérica: compreensão necessária para o professor que ensina Matemática na Educação Infantil. *Revista Thema*. 2018;15(1):241–254. DOI: 10.15536/thema.15.2018.241-254.805
26. Haase VG; Costa AJ, Antunes AM, Alves IS. Heterogeneidade Cognitiva nas Dificuldades de Aprendizagem da Matemática: Uma Revisão Bibliográfica. *Psicologia em pesquisa*. 2012;6(2):139-150. DOI: 10.5327/Z1982-12472012000200007
27. Britto AT, Britto DB. Teorias de aquisição da linguagem: Reflexões acerca de diferentes estudos. In: Lamônica DA, Britto DB. *Tratado de Linguagem: perspectivas contemporâneas*. Ribeirão Preto: Book Toy; 2017.p.19-29.
28. Lamônica DA, Ferreira-Vasques AT. Escalas de desenvolvimento para avaliação de crianças. In: Giacheti CM. *Avaliação da fala e da linguagem: perspectivas interdisciplinares*. Marília: Cultura Acadêmica Editora; 2016. p.193-207.
29. Lamônica DA, Ribeiro CC, Ferreira-Vasques AT. Marcos do Desenvolvimento Infantil. In: Salgado AC, Barbosa AL, Soares AM. *O aluno com alterações de comunicação e linguagem na escola: o que o professor deve saber?*. Ribeirão Preto (SP): Booktoy; 2024. p.22-35
30. Zorzi JL, Hage SR. *PROC – Protocolo de observação comportamental: avaliação de linguagem e aspectos cognitivos infantis*. 1ª ed. São José dos Campos (SP): Pulso Editorial; 2004. 94p.
31. Siqueira CM, Gurgel-Giannetti J. Mau desempenho escolar: uma visão atual. *Rev Assoc Med Bras*. 2011;57(1):78–87. DOI: 10.1590/S0104-42302011000100021
32. Capovilla AG, Assef EC, Cozza HF. Avaliação neuropsicológica das funções executivas e relação com desatenção e hiperatividade. *Aval. Psicol*. 2007;6(1):51-60.

33. Netto TM. et al. Sistemas de memória: relação entre memória de trabalho e linguagem sob uma abordagem neuropsicolinguística. *Neuropsicologia Latinoamericana*. 2011;3(3):34-39. DOI: 10.5579/rnl.2011.0087
34. Dias NM, Menezes A, Seabra AG. Alterações das funções executivas em crianças e adolescentes. *Estudos Interdisciplinares em Psicologia*. 2010; 1(1):80-95.
35. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol*. 2000; 41(1):49-100. DOI: 10.1006/cogp.1999.0734
36. Blair C, Razza RP. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Dev*. 2007;78(2):647-663. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x
37. Cantiere CN. Intervenções em funções executivas em alunos dos três anos iniciais do Ensino fundamental e sua relação com o desempenho cognitivo e perfil comportamental [Tese]. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, SP. 2018; 143p.
38. Ribas MD. Utilização do Scratch para o desenvolvimento das funções executivas de alunos com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade que frequentam a sala de recursos multifuncional. 24º Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade: Ensino Híbrido. *Revista Educacional Interdisciplinar*. 2019;8(1):1-14.
39. León CB, Rodrigues CC, Seabra AG, Dias NM. Funções executivas e desempenho escolar em crianças de 6 a 9 anos de idade. *Rev Psicopedag*. 2013;30(92):113–120.
40. Dias NM, Costa DM, Cardoso CO, Colling AP, Fonseca RP. Executive functions intervention program for academic learning for young people/undergraduate students:

Development and evidence of content validity. *Ciências Psicológicas*. 2021;15(2):1-19. DOI: 10.22235/cp.v15i2.2394

41. Gomes JS, Simonetti L, Maidel S. Funções executivas e regulação cognitivo-emocional: Conexões anatômicas e funcionais. *Revista de Ciências Humanas*. 2018;52:1-11. DOI: 10.5007/2178-4582.2018.e42170

42. Moraes EN, Moraes FL, Lima SP. Características biológicas e psicológicas do envelhecimento. *Rev. Med Minas Gerais*. 2010;20(1):67-73.

43. Park DC, Lautenschlager G, Hedden T, Davidson NS, Smith AD, Smith PK. Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*. 2002;17(2):299–320. DOI: 10.1037/0882-7974.17.2.299

44. Salthouse TA. Consequences of age-related cognitive declines. *Annual Review of Psychology*. 2012;63:201-226. DOI: 10.1146/annurev-psych-120710-100328

45. Salthouse TA, Fristoe NM, Lineweaver TT, Coon VE. Aging of attention: does the ability to divide decline? *Memory & cognition*. 1995;23(1):59–71. DOI: 10.3758/bf03210557

46. Salthouse TA. Selective review of cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*. 2010;16(5):754–60. DOI: 10.1017/S1355617710000706

47. Carlson MC, Hasher L, Zacks RT, Connelly SL. Aging, distraction, and the benefits of predictable location. *Psychology and aging*. 1995;10(3):427–436. DOI: 10.1037//0882-7974.10.3.427

48. Salthouse TA. Speed of behavior and its implications for cognition. In: Birren JE, Schaie KW. *Handbook of the psychology of aging*. Van Nostrand Reinhold Company; 1985. p.400-426.

49. Salthouse TA. The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*. 1996;103(3):403-428. DOI: 10.1037/0033-295x.103.3.403
50. Salthouse TA. *Theoretical perspectives on cognitive aging*. 1st ed. New York: Psychology Press; 1991. 450p. DOI: 10.4324/9781315785363
51. Salthouse TA. *Mechanisms of age–cognition relations in adulthood*. Psychology Press; 1992. 152p. DOI: 10.4324/9780203772850
52. Harada CN; Natelson Love MC; Triebel K. Normal cognitive aging. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2013;29(4):737-752. DOI: 10.1016/j.cger.2013.07.002
53. Luszcz MA, Bryan J. Toward understanding age-related memory loss in late adulthood. *Gerontology*. 1999;45(1):2–9. DOI: 10.1159/000022048
54. Darowski ES, Helder E, Zacks RT, Hasher L, Hambrick DZ. Age-related differences in cognition: the role of distraction control. *Neuropsychology*. 2008; 22(5):638–644. DOI: 10.1037/0894-4105.22.5.638
55. Hasher L, Zacks RT. Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. *Psychology of Learning and Motivation*. 1988;22:193-225. DOI: 10.1016/S0079-7421(08)60041-9
56. Hasher L, Lustig C, Zacks RT. Inhibitory mechanisms and the control of attention. In: Conway A, Jarrold C, Kane M, Miyake A, Towse J. *Variation in working memory*. Oxford University Press. 2007;227-249. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780195168648.003.0009
57. Isingrini M, Tacconat L. Episodic memory, frontal functioning, and aging. *Revue neurologique*. 2008;164(3):91–95. DOI: 10.1016/S0035-3787(08)73297-1

58. Davis HP, Klebe KJ, Guinther PM, Schroder KB, Cornwell RE, James LE. Subjective organization, verbal learning, and forgetting across the life span: from 5 to 89. *Experimental aging research*. 2013;39(1):1–26. DOI: 10.1080/0361073X.2013.741956
59. Delis D, Kramer J, Kaplan E, Ober B. CVLT-II California Verbal Learning Test-Second Edition. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2000;17(5):509-512. DOI: 10.1016/S0887-6177(01)00125-1
60. Whiting WL, Smith AD. Differential age-related processing limitations in recall and recognition tasks. *Psychology and aging*. 1997;12(2):216–224. DOI: 10.1037//0882-7974.12.2.216
61. Salthouse TA. Trajectories of normal cognitive aging. *Psychology and Aging*. 2019;34(1):17-24. DOI: 10.1037/pag0000288
62. Polich J, Heine MR. P300 topography and modality effects from a single stimulus paradigm. *Psychophysiology*. 1996;33(6):747–752. DOI: 10.1111/j.1469-8986.1996.tb02371.x
63. Polich J, Ladish C, Burns T. Normal variation of P300 in children: age, memory span, and head size. *Int J Psychophysiol*. 1990;9(3):237–248. DOI: 10.1016/0167-8760(90)90056-j
64. Picton TW, Smith AD. The practice of evoked potential audiometry. In: Bevilacqua MC et al. *Tratado de Audiologia*. São Paulo: Otolaryngol Clin North Am; 2011. p.263-283.
65. Pearce JW, Crowell DH, Tokioka A, Pacheco GP. Childhood developmental changes in the auditory P300. *J Child Neurol*. 2011;4(2):100-106. DOI: 10.1177/088307388900400204
66. Goodin DS, Squires KC, Henderson BH, Starr A. Age-related variation in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1978;44(4):447-458. DOI: 10.1016/0013-4694(78)90029-9

67. Dustman RE, Beck EC. The effects of maturation and aging on the waveform of visually evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 1969;26(1):2-11. DOI: 10.1016/0013-4694(69)90028-5
68. Luders H. The effects of aging on the waveform of the somatosensory cortical evoked potential. *Electroenceph, clin. Neurophysiol.* 1970;29(5):450-460. DOI: 10.1016/0013-4694(70)90062-3
69. Polich J. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology.* 2007;118(10):2128-2148. DOI: 10.1016/j.clinph.2007.04.019.
70. Emmerson RY, Dustman RE, Shearer DE, Turner CW. P3 latency and symbol digit performance correlations in aging. *Exp Aging Res.* 1989;15(3-4):151–159. DOI: 10.1080/03610738908259769
71. Pelosi L, Holly M, Slade T, Hayward M, Barrett G, Blumhardt LD. Event-related potential (ERP) correlates of performance of intelligence-tests. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1992;84(6):515–520. DOI: 10.1016/0168-5597(92)90040-i
72. Salthouse TA. When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiol Aging.* 2009;30(4):507-514. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2008.09.023.
73. Brody H, Harman D, Ordy JM. *Clinical, Morphologic and Neuro-Chemical Aspects in the Aging Central Nervous System.* New York: Raven Press; 1975. 221p.
74. Pfefferbaum A, Ford JM, Roth WT, Kopell BS. Age related changes in auditory event related potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.* 1980;49(3-4):266-276. DOI: 10.1016/0013-4694(80)90221-7

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar potenciais evocados auditivos de longa latência e funções neuropsicológicas em diferentes fases da vida adulta, comparando jovens adultos e adultos maduros, a fim de estabelecer dados normativos regionais e de explorar a relação entre medidas neurofisiológicas e desempenho neuropsicológico, buscando identificar marcadores objetivos do envelhecimento cognitivo.

3.2 Objetivos específicos

1. Descrever queixas auditivas e acadêmicas de adultos jovens e adultos maduros;
2. Descrever o perfil neuropsicológico de adultos jovens e de adultos maduros por meio da avaliação neuropsicológica breve – NEUPSILIN;
3. Analisar, estatisticamente, se há diferença no desempenho neuropsicológico de jovens adultos e de adultos maduros;
4. Descrever os valores de latência e de amplitude dos potenciais evocados auditivos de longa latência de adultos jovens e de adultos maduros;
5. Verificar, estatisticamente, se há diferença na latência e na amplitude dos potenciais evocados auditivos de longa latência entre jovens adultos e adultos maduros;
6. Associar habilidades neuropsicológicas à latência e à amplitude do potencial evocado cognitivo P3 em adultos.

3.3 Hipótese a testar

O envelhecimento cognitivo saudável em diferentes fases da vida adulta pode ser observado por meio de mudanças nos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência e do desempenho em tarefas neuropsicológicas.

4 MÉTODOS

4.1 Desenho de estudo e aspectos éticos

Esse estudo foi conduzido sob delineamento transversal, com abordagem descritiva e comparativa. A pesquisa obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), registrada sob CAAE nº registro 37605314.5.0000.5149, parecer 6.470.575. Todos os indivíduos envolvidos foram devidamente informados sobre os objetivos e os procedimentos da pesquisa e manifestaram consentimento ao assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

4.2 Amostra

Participaram do estudo residentes de Belo Horizonte e da região metropolitana, convidados por meio de divulgação em redes sociais e de e-mails institucionais encaminhados pela Diretoria de Tecnologia da Informação da UFMG. Foi disponibilizado um *link* para um formulário no *Google Forms*, que incluía o TCLE e a Escala de Autopercepção de Habilidades do Processamento Auditivo Central – EAPAC⁽¹⁾, com adaptações. A divulgação pelo Instagram atingiu 397 contas, enquanto os e-mails foram enviados para cerca de 50.561 destinatários. Além disso, houve compartilhamento adicional por participantes que encaminharam o link para amigos e conhecidos.

O formulário no *Google Forms* coletou informações sociodemográficas, bem como dados sobre a autopercepção de dificuldades auditivas e acadêmicas, por meio de questões da EAPAC (Q1, Q2, Q7 e Q8) e de perguntas adicionais que abordavam queixas específicas do momento atual (Q3, Q4, Q5, Q6). As questões utilizadas encontram-se descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Questionário sobre autopercepção de habilidades auditivas e acadêmicas

COLETA DE DADOS SOBRE AUTOPERCEPÇÃO DE HABILIDADES AUDITIVAS E ACADÊMICAS		RESPOSTAS	
Nome: _____ Sexo: _____ Idade: _____ Escolaridade: _____ Telefone: () _____ - _____ Data: ____/____/____ Você apresenta algum diagnóstico síndrome, cognitivo ou neurológico? Se sim, qual? _____		Sim	Não
		PONTUAÇÃO	
QUESTÕES		(1)	(0)
Q1	Você acredita ter problemas na atenção seletiva e sustentada ao som (ouvir e entender a fala do professor, mesmo que haja outras conversas na sala ou ruído externo, por exemplo)?		
Q2	Você acredita ter problemas de memória de curta duração relacionados ao som (lembrar-se de coisas que apenas ouviu, como textos curtos, uma aula, por exemplo)?		
Q3	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à concentração?		
Q4	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à memória?		
Q5	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas ao planejamento?		
Q6	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à aprendizagem?		
Q7	Você apresenta dificuldade em memorizar tarefas e combinados que foram apenas ouvidos (sem realizar anotações)?		
Q8	Você apresenta dificuldade em acompanhar tarefas com estímulos variados, como sons, imagens, textos e animações?		

Com base nas respostas ao formulário on-line, foram selecionados participantes adultos de ambos os sexos, utilizando um método de seleção não-aleatória, ou seja, sem a aplicação de técnicas formais de aleatorização, como sorteio ou geração de números aleatórios. Contudo, a escolha foi realizada de maneira intencional e criteriosa, seguindo os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Os participantes foram distribuídos em dois grupos: jovens adultos (aqueles que apresentassem de 20 a 35 anos) e adultos maduros (aqueles que apresentassem de 40 a 55 anos), os quais foram convidados a participar da segunda etapa da pesquisa.

Essa categorização foi fundamentada em evidências da literatura, que indicam declínios funcionais a partir dos 40 anos de idade⁽²⁾ e diferenças no desempenho em tarefas neuropsicológicas entre adultos de 19 a 39 anos e aqueles de 40 a 59 anos⁽³⁾. Na segunda fase,

foram conduzidos os seguintes procedimentos: meatoscopia, audiometria tonal limiar e vocal, imitanciometria, avaliação do Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300) e aplicação da avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN⁽³⁾.

Cada grupo da amostra foi formado por 30 indivíduos. O tamanho amostral foi definido com base em estudos prévios que buscaram estabelecer parâmetros de referência para o Potencial Evocado de Longa Latência (P300)⁽⁴⁻⁷⁾. Além disso, foi levado em consideração que, devido ao elevado número de componentes analisados nos potenciais evocados, é recomendado um mínimo de 20 participantes⁽⁶⁾.

Foram adotados, como critérios de inclusão, indivíduos que se enquadravam na faixa etária previamente descrita, residentes em Belo Horizonte e região metropolitana, e que responderam ao formulário on-line. Os critérios de exclusão englobaram: presença de perda auditiva de qualquer tipo ou grau (classificação de tipo segundo Silman e Silverman, 1997⁽⁸⁾; e de grau conforme OMS, 2021⁽⁹⁾), uni ou bilateral; perda auditiva nas frequências de 1000 Hz e 2000 Hz uni ou bilateral, mesmo que a média quadritonal estivesse dentro dos padrões normais da OMS (2021)⁽⁹⁾; curva timpanométrica do tipo B ou C (classificação de Jerger, Jerger e Mauldin, 1972⁽¹⁰⁾) uni ou bilateral; presença de excesso de cerúmen em qualquer orelha; relato de condições síndromicas, neurológicas e/ou cognitivas; alterações nas tarefas de Memória Total e Atenção Total na avaliação neuropsicológica NEUPSILIN⁽³⁾; ausência de formação das ondas P1, N1, P2, N2 e/ou P3 no exame P300.

A coleta de dados da segunda fase iniciou-se pelo grupo de jovens adultos, com seleção não-aleatória de 30 participantes. Durante o processo, dois participantes foram excluídos por apresentarem critérios de exclusão (ausência de onda P3 e desempenho alterado na tarefa de Memória Total do NEUPSILIN⁽³⁾). Para substituir esses indivíduos, outros dois foram recrutados, mantendo o total de 30 participantes no grupo de jovens adultos.

Em seguida, o grupo de adultos maduros foi formado por emparelhamento com base nas variáveis sexo e escolaridade. Durante a seleção, um participante foi excluído por apresentar perda auditiva na audiometria tonal limiar, sendo substituído por outro indivíduo, o que resultou em 30 participantes no grupo de adultos maduros.

Além disso, um dos participantes apresentou excesso de cerúmen na orelha direita identificado durante a meatoscopia, e outros dois apresentaram curva timpanométrica do tipo C na imitanciometria. Esses indivíduos foram orientados a buscar avaliação otorrinolaringológica para solucionar as questões identificadas. Após a resolução, retornaram e puderam participar da pesquisa normalmente. O processo completo de coleta de dados está detalhado na Figura 1.

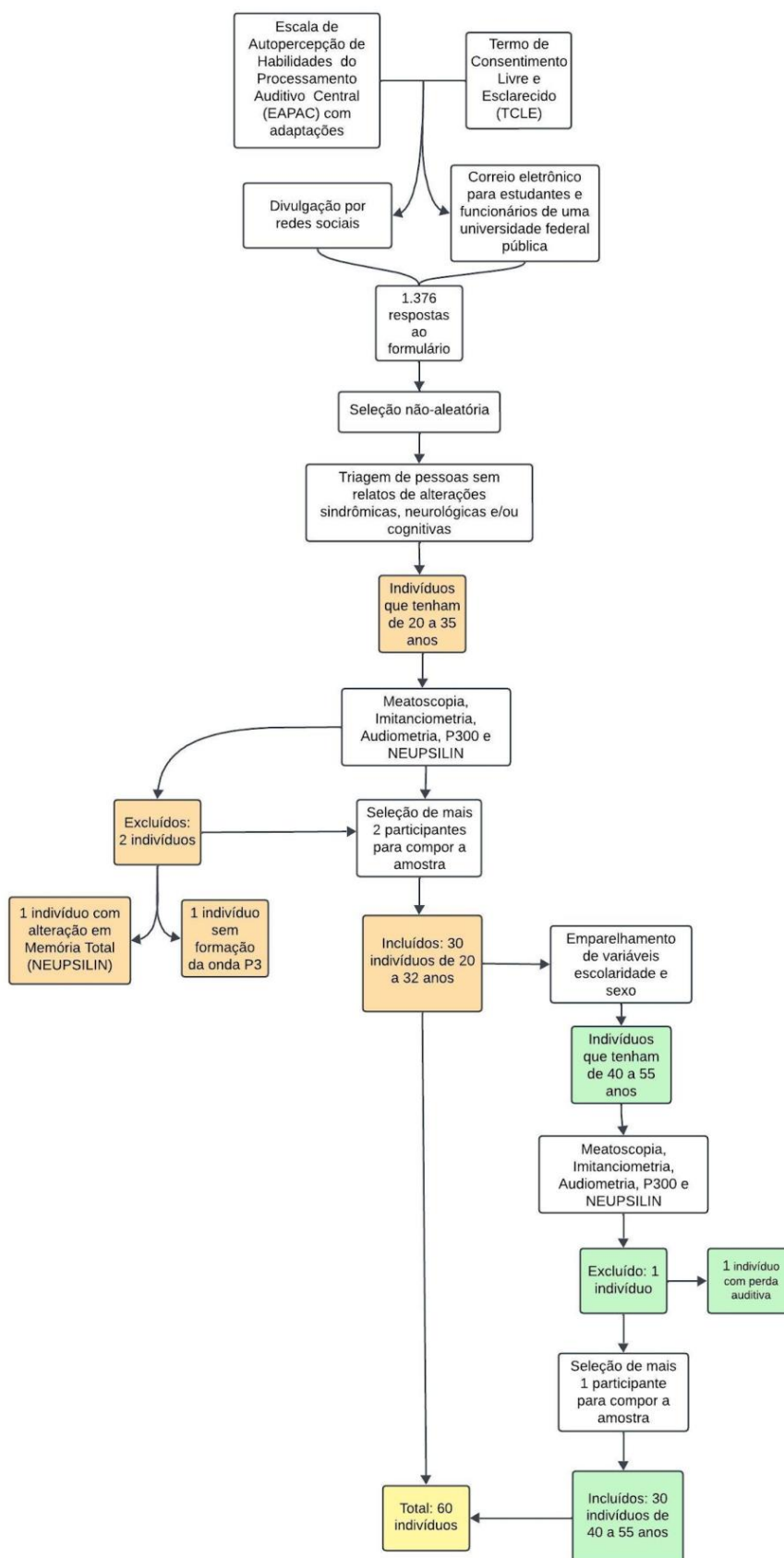


Figura 1. Descrição da coleta de dados

4.3 Procedimentos

Durante a meatoscopia, foi realizada a inspeção do conduto auditivo externo utilizando o otoscópio Omni 3000 da MD, com o objetivo de verificar a integridade tanto da orelha externa quanto da membrana timpânica. A imitanciometria foi conduzida com o equipamento AT235h (*Interacoustics*) para avaliar as condições da orelha média e a integridade do arco reflexo do nervo acústico. Esse procedimento teve duração aproximada de cinco a dez minutos para cada participante.

A avaliação audiológica incluiu a audiometria tonal limiar e vocal, realizada com o audiômetro AD629 (*Interacoustics*). Os limiares auditivos foram investigados nas frequências de 250 Hz a 8000 Hz, utilizando o tom puro *Warble* e a técnica descendente. Além disso, foram medidos o Limiar de Reconhecimento de Fala (SRT) e o Índice Percentual de Reconhecimento de Fala (IPRF). Cada audiometria foi concluída, aproximadamente, no período de 20 a 30 minutos. As diretrizes para a realização e a interpretação dos exames de Audiometria e Imitanciometria seguiram o Guia de Orientação na Avaliação Audiológica do Sistema de Conselhos de Fonoaudiologia (2023)⁽¹¹⁾.

Para a realização do exame Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300), foi utilizado o equipamento ICS Chartr EP 200 (*Otometrics*). Foram analisadas as latências das ondas P1, N1, P2, N2 e P3 e as amplitudes N1-P2 e N2-P3. Para o preparo da pele, foi utilizado Álcool Etílico Hidratado 70% e, posteriormente, gel abrasivo Nuprep nos locais em que foram colocados os eletrodos. Os eletrodos utilizados eram descartáveis de espuma, com formato gota e gel condutor adesivo. A estimulação foi realizada com fones de inserção, por meio das olivas *Ear Tips* 3A ou 3B (a depender do tamanho do condutivo auditivo externo). Cada exame teve duração de 20 a 30 minutos.

As marcações das ondas foram feitas por dois avaliadores, de forma cega e independente, e, por meio dessas, foi calculada a média de latência e de amplitude das ondas de cada participante. Na análise do componente P3, considerou-se a parte mais positiva da forma de onda, devido à dificuldade de identificar, de forma consistente, os componentes P3a e P3b em todos os participantes⁽¹²⁾. O protocolo detalhado para o registro do exame está representado na Tabela 2.

Tabela 2. Protocolo de registro do exame P300

Protocolo de registro do P300	
Estado do indivíduo	Alerta
Posicionamento do indivíduo	Deitado em maca com a cabeça elevada 30°
Forma de contagem do estímulo raro	Mental
Posicionamento dos eletrodos	Terra (Fpz), ativo (Cz), referência (M1 e M2)
Impedância dos eletrodos	<5Kohms
Transdutor	Fone de inserção
Estimulação	Binaural
Intensidade do estímulo	75dBNA
Apresentação dos estímulos	20% de estímulos raros e 80% de estímulos frequentes
Total de estímulos	300
Frequência dos estímulos	Raro: 2000Hz Frequente: 1000Hz
Duração dos estímulos	30 ciclos para 1000Hz e 60 ciclos para 2000Hz
Velocidade	1,1pps
Filtros	Passa-alto: 1Hz Passa-baixo: 100Hz

Fonte: McPherson, 1996⁽⁶⁾; Polich, 1985⁽¹²⁾; Reis e Frizzo, 2015⁽¹³⁾; Hall, 2007⁽¹⁴⁾

A figura 2 demonstra a colocação dos eletrodos na realização do exame eletrofisiológico P300. Em A1 e A2, os eletrodos foram posicionados nas mastoides.

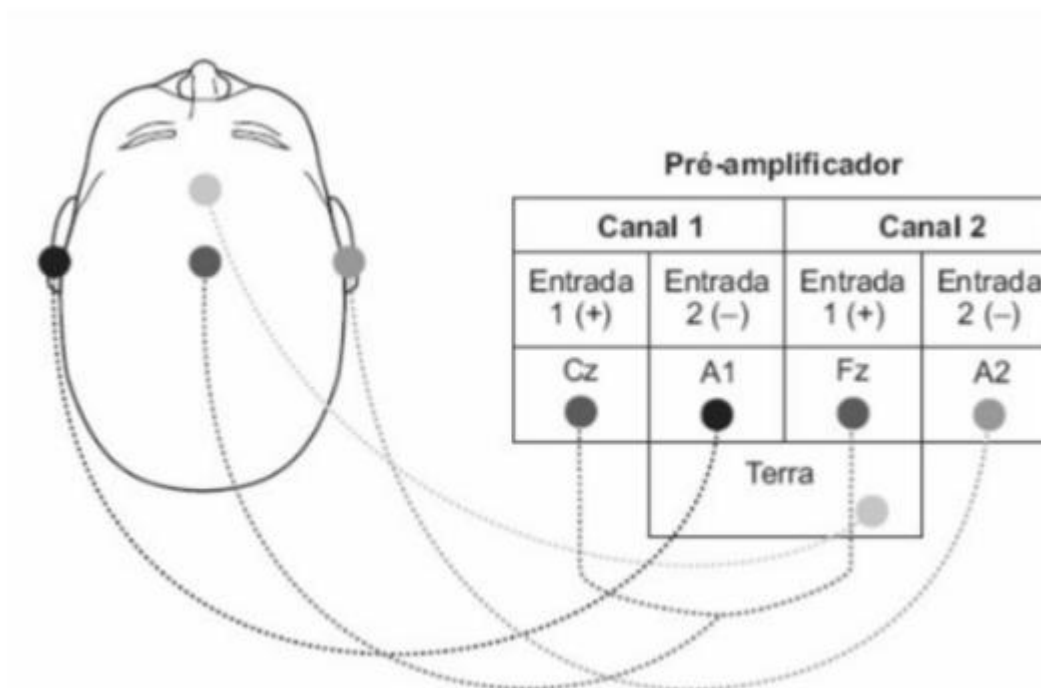


Figura 2. Posicionamento de eletrodos no P300. Fonte: Tratado de Audiologia, 2015⁽¹⁵⁾

A avaliação neuropsicológica breve – NEUPSILIN⁽³⁾ foi empregada para avaliar as funções neuropsicológicas a seguir descritas:

- Atenção: tarefas de contagem regressiva e de repetição de dígitos;
- Memória: tarefas de ordenação ascendente de dígitos e *span* auditivo de palavras em frases para avaliar a memória de trabalho, tarefas de evocação imediata e tardia, além de reconhecimento para verificar a memória verbal episódico-semântica, duas questões para analisar a memória semântica de longo prazo, atividades para avaliar a memória visual de curto prazo e memória prospectiva;
- Linguagem oral: tarefas de nomeação, de repetição, de linguagem automática, de compreensão e de processamento de inferências;
- Linguagem escrita: tarefas de leitura em voz alta, de compreensão escrita, de escrita espontânea, de escrita copiada e ditada;

- Funções executivas: duas questões para avaliar a resolução de problemas e a evocação de palavras em um minuto para mensurar a fluência verbal.

Para análise dos resultados, foram considerados os desempenhos de cada habilidade avaliada, apresentados de forma quantitativa (pontuação) e qualitativa (“normal”, “alerta para déficit neuropsicológico” e “déficit neuropsicológico”).

4.4 Análise de dados

Foi realizada a análise descritiva dos dados, por meio da distribuição de frequência das variáveis categóricas e das medidas de tendência central e de dispersão para as variáveis contínuas, a fim de fornecer um panorama dos dados obtidos.

Para as análises de associação, primeiramente foi aplicado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade das distribuições. As variáveis com distribuição normal foram analisadas utilizando o teste t de *Student* (para variáveis contínuas) e o teste Qui-quadrado (para variáveis categóricas). Quando as variáveis apresentaram distribuição não-paramétrica, foi utilizado o teste *Mann-Whitney* para comparar a distribuição entre dois grupos independentes. A correlação entre variáveis contínuas foi avaliada por meio do teste de *Spearman*. Consideraram-se estatisticamente significativas as associações com valor de $p \leq 0,05$, e Intervalos de Confiança (IC) de 95%.

A entrada, o processamento e a análise dos dados foram realizados com o *software* Stata® 16.0, após a organização dos dados em planilha no Excel®.

Para gerar a grande média de todas as ondas coletadas no P300 para cada grupo etário, foi utilizado o *software* Matlab® versão R2024a.

4.5 Referências

1. Abreu NC, Jesus LC, Alves LM, Mancini PC, Labanca L, Resende LM. Validation of the Central Auditory Processing Skill Self-Perception Scale (CAPSSPS) for adults. *Audiology Communication Research*. 2022; 27: 1-9. DOI: 10.1590/2317-6431-2021-2577
2. Moraes NM, Moraes FL, Lima SP. Aging biological and psychological characteristics. *Rev. Med Minas Gerais*. 2010; 20(1): 67-73.
3. Fonseca RP, Salles JF, Parente MA. Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve Neupsilin. Vol 1. Porto Alegre, Brasil: Vetor; 2009. 126p.
4. Uvais NA, Nizamie SH, Das B; Praharaj SK; Katshu, MZ. Auditory P300 event-related potential: Normative data in the Indian population. *Neurology India*. 2018; 66(1): 176-180. DOI: 10.4103/0028-3886.222874
5. Didoné DD et al. Auditory evoked potential P300 in adults: reference values. *Einstein*. 2016; 14(2): 208–212. DOI: 10.1590/S1679-45082016AO3586
6. McPherson DL. Late potentials of the auditory system. San Diego: Singular Publishing Group; 1996. 158p.
7. Goodin DS, Squires KC, Henderson BH, Starr A. Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1978; 44: 447-458.
8. Silman S, Silverman CA. Basic audiologic testing. *Auditory diagnosis: principles and applications*. San Diego: Singular Publishing Group. 1997: 44-52.
9. World report on hearing, 2021. Geneva: World Health Organization; 2021. 272p. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020481>

10. Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry. Normal and sensorineural ears. *Archives of Otolaryngology*. 1972; 96: 513-523.
11. Sistemas de Conselhos de Fonoaudiologia. Guia de Orientação na Avaliação Audiológica. 2ª ed. Brasil; 2023. 56p. Available from: <https://fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2023/11/Guia-de-Orientacao-na-Avaliacao-Audiologica-DIGITAL-COMPLETO-FINAL.pdf>
12. Polich J, Howard L, Starr A. Effects of age on the P300 component of the event-related potential from auditory stimuli: Peak definition, variation, and measurement. *Journal of Gerontology*. 1985; 40(6): 721-726.
13. Reis AC; Frizzo AC. Potencial Evocado Auditivo Cognitivo. In: Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo AC, Anatasio AR (org.). *Tratado de Audiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015. p. 140-150
14. Hall J. *New handbook of Auditory Evoked Responses*. Boston: Pearson Education; 2007. 749p.
15. Boéchat EM, Menezes PL, Couto CM, Frizzo AC, Anatasio AR (org.). *Tratado de Audiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015. Figura 19.9, p.145

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão serão apresentados em forma de artigo, considerando a Resolução 10/2020, de quatro de junho de 2020, que regulamenta o formato de dissertações do Curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da UFMG.

5.1 Manuscrito escrito nas normas para submissão ao periódico *Clinics*.

O artigo passará por tradução para inglês antes de ser submetido.

POTENCIAIS EVOCADOS AUDITIVOS DE LONGA LATÊNCIA E HABILIDADES NEUROPSICOLÓGICAS EM DIFERENTES FASES DA VIDA ADULTA: UM ESTUDO TRANSVERSAL SOBRE O ENVELHECIMENTO

Bruna Stéfanie Pereira, Luciana Macedo de Resende e Luciana Mendonça Alves

5.1.1 *Resumo*

Objetivo: Observar o envelhecimento cognitivo saudável em diferentes fases da vida adulta e obter dados normativos regionais do P300, por meio da caracterização e comparação dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência e das habilidades neuropsicológicas de jovens adultos e de adultos maduros. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal descritivo comparativo, realizado por amostra não-probabilística. Os participantes foram divididos em dois grupos: jovens adultos (aqueles que apresentassem de 20 a 35 anos) e adultos maduros (aqueles que apresentassem de 40 a 55 anos). Para cumprir os objetivos da pesquisa, foram utilizados os instrumentos: EAPAC (Abreu et al, 2022) com adaptações, P300 e avaliação neuropsicológica breve – NEUPSILIN. Foi realizada a análise descritiva dos dados, por meio da distribuição de frequência das variáveis categóricas, e, para as análises de associação, foram utilizados os testes t de *Student*, Qui-quadrado, *Mann-Whitney* e *Spearman*. Foi utilizado o

software Matlab® para calcular a grande média das ondas de longa latência. **Resultados:** Participaram da pesquisa 60 indivíduos, sendo 30 pessoas em cada grupo etário. Foi observado que os adultos maduros apresentaram pior desempenho em memória segundo a avaliação neuropsicológica e maior latência do componente P3 em relação aos jovens adultos. Na associação realizada entre P300 e NEUPSILIN, obteve-se correlação negativa entre a latência de P3 e as tarefas de memória, e correlação positiva entre a amplitude de P3 e as tarefas de linguagem. **Conclusão:** Dados normativos em dois grupos etários foram estabelecidos e a comparação dos grupos revelou aumento da latência de P3 e piora no desempenho em tarefas de memória em adultos com mais de 40 anos de idade em comparação ao grupo mais jovem. **Descritores:** Potenciais Evocados P300, Envelhecimento Cognitivo, Adulto, Fonoaudiologia, Neuropsicologia

5.1.2 Introdução

O envelhecimento populacional é uma realidade crescente que envolve desafios significativos para a saúde pública, especialmente no que diz respeito à preservação das funções cognitivas⁽¹⁾. Entre os métodos mais promissores para a avaliação do envelhecimento cognitivo estão os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência (PEALL), em particular o componente P3⁽²⁾.

Os PEALL são sinais elétricos que se manifestam cerca de 50 milissegundos após a apresentação de estímulos sonoros^(3,4). Entre os PEALL, há picos com polaridade negativa e positiva (acima e abaixo da linha de base), composto pela sequência P1-N1-P2-N2-P3⁽⁵⁾.

Esses potenciais podem ser divididos em exógenos e endógenos. Os potenciais considerados exógenos são representados pelos componentes P1, N1 e P2, e refletem as características acústicas e temporais do estímulo, indicando se o estímulo sonoro foi recebido adequadamente ao nível do córtex auditivo⁽⁵⁾. Os potenciais endógenos, por sua vez, são formados por N2 e P3 e envolvem a realização de uma tarefa cognitiva, refletindo a atividade das áreas auditivas do córtex que são responsáveis pelas habilidades de discriminação, de atenção, de memória e de integração^(4,5). Por ser capaz de fornecer informações sobre processos neurofisiológicos que acontecem no córtex cerebral, o P3 é conhecido como potencial cognitivo^(4,6).

A análise da latência das ondas tem sido utilizada para avaliar a função mental em várias condições de saúde, como envelhecimento normal e transtornos neurológicos e psiquiátricos, pois o componente P3 é considerado um reflexo dos eventos cognitivos⁽²⁾. A amplitude também é um parâmetro relevante para interpretar os resultados do exame eletrofisiológico P300, estando associada à medição da atividade elétrica⁽⁵⁾.

A literatura demonstra, de forma consensual, que o envelhecimento está associado às medidas de latência e de amplitude do exame P300^(3,5,7). Estudos indicam que a latência de P3 tende a aumentar cerca de 1,8ms por ano a partir dos 15 anos de idade⁽⁷⁾, sugerindo uma desaceleração no processamento neural⁽⁸⁾. Além disso, os potenciais que ocorrem a partir de 126ms também tendem a diminuir sua amplitude com o avanço da idade⁽⁹⁾, refletindo a dificuldade na alocação de recursos atencionais⁽¹⁰⁾. Essas características fazem com que o exame eletrofisiológico P300 seja uma ferramenta valiosa para compreender os impactos do envelhecimento cognitivo⁽⁶⁾.

São encontrados declínios graduais iniciados na fase adulta jovem, em habilidades como velocidade de processamento, memória operacional, e memória de longo prazo⁽¹¹⁾. As habilidades supracitadas, que fazem parte da inteligência fluida, atingem seu pico na terceira década de vida e diminuem cerca de -0,02 desvios-padrão por ano⁽¹²⁾. Adultos mais jovens apresentam melhor desempenho em comparação aos adultos mais velhos em diversos testes que avaliam aprendizagem e memória⁽¹³⁾.

Além dos métodos eletrofisiológicos, avaliações neuropsicológicas desempenham um papel fundamental na investigação do envelhecimento cognitivo. Instrumentos como o NEUPSILIN⁽¹⁴⁾ permitem mapear funções neuropsicológicas - como memória, atenção e funções executivas - proporcionando um panorama abrangente acerca do desempenho cognitivo em diferentes faixas etárias.

As pequenas mudanças em relação ao declínio cognitivo que se acumulam ao avançar da idade podem ter efeitos negativos para a qualidade de vida⁽¹⁵⁾. Assim, a identificação precoce de alterações que precedem diagnósticos cognitivos, como a demência, permite intervenções mais eficazes para minimizar ou para prever o declínio cognitivo patológico⁽¹⁵⁾. Por isso, é relevante que exista uma descrição precisa do envelhecimento saudável que possa ser utilizada

como comparação ao envelhecimento patológico⁽¹⁵⁾. A integração entre dados neuropsicológicos e padrões normativos do exame P300 pode oferecer *insights* robustos para diferenciar o envelhecimento saudável de quadros patológicos, como o comprometimento cognitivo leve e as demências.

Todavia, para utilizar o P300 com esse objetivo, é necessário que as alterações que ocorrem no envelhecimento cognitivo saudável estejam bem estabelecidas⁽¹⁶⁾. Embora existam estudos^(3,17) demonstrando que há diferença de latência dos 20 aos 59 anos de idade, há escassez de estudos que dividam a faixa etária de adultos visando à normatização de dados do P300 desse público, especialmente na população brasileira. Nesse sentido, é necessário estabelecer dados normativos que permitam a comparação de pacientes com a faixa etária apropriada⁽³⁾, uma vez que diferenças entre o envelhecimento saudável e patológico podem ser sutis e obscurecer os sinais de disfunção cognitiva⁽¹⁸⁾.

Além disso, podem existir variações nos achados do P300 em relação à cultura e aos grupos étnicos⁽¹⁹⁾, e, neste sentido, é relevante que sejam estabelecidos dados de referência para brasileiros, considerando os diferentes grupos etários da população adulta.

Desse modo, este estudo objetivou caracterizar e comparar os Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência e as habilidades neuropsicológicas de jovens adultos e adultos maduros sem perda auditiva e sem diagnósticos neurológicos. Busca-se, com isso, estabelecer dados normativos regionais e explorar a relação entre essas medidas neurofisiológicas e o desempenho cognitivo, com enfoque na identificação de marcadores objetivos do envelhecimento cognitivo. Ao contribuir para a compreensão sobre o impacto do envelhecimento em funções neurofisiológicas e neuropsicológicas, este trabalho visa fundamentar estratégias diagnósticas e interventivas, considerando a crescente demanda por cuidados voltados ao envelhecimento saudável.

5.1.3 Métodos

Desenho do estudo e aspectos éticos

Trata-se de um estudo observacional, transversal e descritivo-comparativo, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Instituição de ensino superior sob CAAE nº registro 37605314.5.0000.5149, parecer 6.470.575. Todos os participantes foram informados quanto aos objetivos e procedimentos do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Participantes

Os participantes voluntários foram convidados a participar da pesquisa por meio de divulgação em redes sociais e de correio eletrônico enviado pela Diretoria de Tecnologia da Informação da instituição de ensino. Um *link* para o programa *Google Forms* foi enviado, contendo o TCLE e a Escala de Autopercepção de Habilidades do Processamento Auditivo Central (EAPAC)⁽²⁰⁾ com adaptações. A propagação realizada pela plataforma *Instagram* alcançou 397 contas e o correio eletrônico foi enviado para o *e-mail* institucional de cerca de 50.561 indivíduos. Além disso, deve-se considerar a divulgação que ocorreu a partir de convidados que enviaram o *link* para amigos e conhecidos.

A partir da resposta ao formulário enviado de forma *on-line*, foram selecionados adultos de ambos os sexos, de forma não-aleatória: embora a escolha tenha sido realizada de forma criteriosa e intencional, não foi utilizado um método formal de aleatorização, como sorteio ou geração de números aleatórios. Assim, a seleção foi baseada na análise das respostas recebidas, considerando os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos previamente. Esses indivíduos foram alocados em dois grupos: jovens adultos (que tinham de 20 a 35 anos) e adultos maduros (que tinham de 40 a 55 anos), que foram convidados para participar da segunda fase da pesquisa.

Essa divisão considerou os dados obtidos na literatura, os quais destacam que há declínios funcionais a partir dos 40 anos de idade⁽²¹⁾ e que há diferença no desempenho em tarefas neuropsicológicas realizadas por adultos de 19 a 39 anos quando comparados com adultos de 40 a 59 anos⁽¹⁴⁾. Nesse segundo momento, foram realizados os procedimentos: Meatoscopia, Audiometria Tonal Liminar, Logaudiometria, Imitanciometria, Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300) e avaliação neuropsicológica breve NEUPSILIN.

O estudo foi realizado por amostra não-probabilística, contendo 30 indivíduos em cada grupo. O tamanho da amostra foi decidido com base em pesquisas publicadas que visavam estabelecer parâmetros de referência do exame Potencial Evocado de Longa Latência (P300)^(3,7,22). Considerou-se, ainda, que, devido ao grande número de componentes medidos na análise de potenciais evocados, foi necessário usar o mínimo de 20 sujeitos⁽³⁾.

Adotou-se, como critérios de inclusão: indivíduos dentro da faixa etária mencionada anteriormente, que responderam ao formulário *on-line*. Como critério de exclusão, foram considerados: perda auditiva de qualquer grau ou tipo (segundo os critérios de classificação: Tipo – Silman e Silverman, 1997⁽²³⁾; Grau – OMS, 2021⁽²⁴⁾); perda auditiva nas frequências 1000Hz e 2000Hz, mesmo com a média quadritonal dentro dos padrões de normalidade segundo OMS, 2021⁽²⁴⁾; curva timpanométrica tipo B ou C (segundo o critério de classificação de Jerger, Jerger e Mauldin, 1972⁽²⁵⁾); excesso de cerúmen em quaisquer das orelhas; relato de alteração sindrômica, neurológica e/ou cognitiva; alteração nas tarefas de Memória Total e Atenção Total na avaliação neuropsicológica NEUPSILIN⁽¹⁴⁾; ausência de formação das ondas P1, N1, P2, N2 e/ou P3 no exame eletrofisiológico P300.

A coleta de dados foi iniciada com o grupo de jovens adultos, selecionando, de forma não-aleatória, 30 indivíduos. Dois indivíduos apresentaram critérios de exclusão (ausência de onda P3 e alteração no tópico de Memória Total no NEUPSILIN⁽¹⁴⁾). Assim, foi realizada a

seleção de mais dois indivíduos para substituí-los, totalizando 30 participantes no grupo de jovens adultos. Posteriormente, formou-se o grupo de adultos maduros por meio de emparelhamento por grupo em relação às variáveis escolaridade e sexo. Um dos indivíduos apresentou perda auditiva na Audiometria Tonal Liminar e, por isso, outro participante foi convidado para integrar a amostra do grupo de adultos maduros, totalizando 30 indivíduos. Um participante apresentou excesso de cerúmen em orelha direita observada em Meatoscopia e dois participantes apresentaram curva timpanométrica tipo C durante a Imitanciometria. Tais participantes foram orientados a procurar avaliação otorrinolaringológica e retornaram em momento posterior, participando da pesquisa com as questões sanadas. O processo de coleta de dados está descrito na Figura 1.

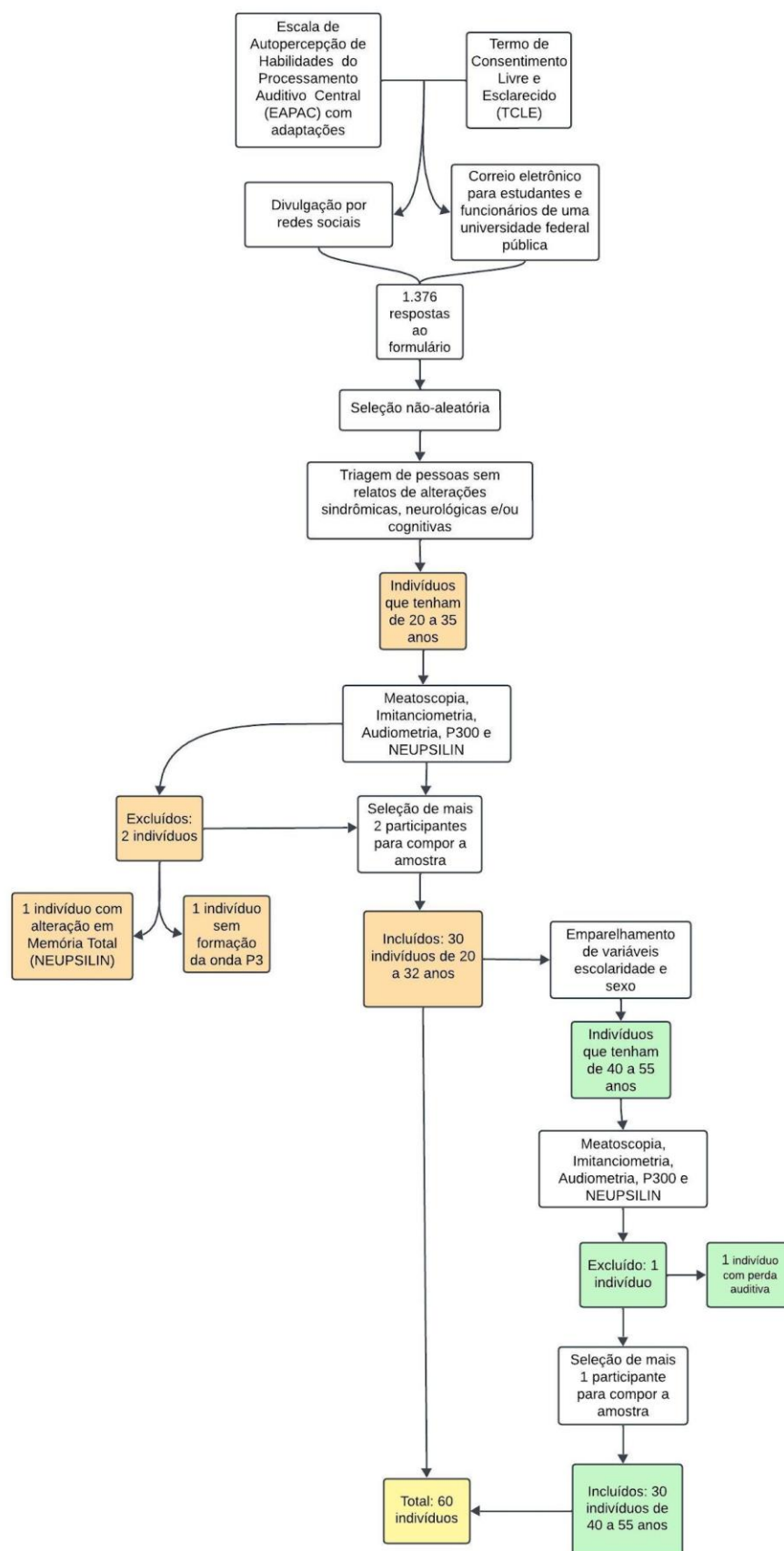


Figura 1. Fluxograma da coleta de dados

Procedimentos

O recrutamento da amostra foi realizado por meio do *Google Forms* enviado - no período de outubro de 2021 a setembro de 2023 -, em que foram coletados dados sociodemográficos e informações sobre a autopercepção de dificuldades auditivas e acadêmicas dos indivíduos. Para obter esses dados, foram enviadas questões da Escala de Autopercepção de Habilidades do Processamento Auditivo Central – EAPAC⁽²⁰⁾ escolhidas por apresentarem relação com aspectos cognitivos. Além disso, foram adicionadas quatro perguntas (Q3, Q4, Q5, Q6), não presentes na EAPAC, direcionadas a queixas atuais do indivíduo. As questões enviadas estão disponíveis na Tabela 1.

Tabela 1. Dados sobre autopercepção de habilidades auditivas e acadêmicas

COLETA DE DADOS SOBRE AUTOPERCEPÇÃO DE HABILIDADES AUDITIVAS E ACADÊMICAS		RESPOSTAS	
Nome: _____ Sexo: _____		Sim	Não
Idade: _____ Escolaridade: _____			
Telefone: () _____ - _____ Data: ____/____/____			
Adaptado de EAPAC (Abreu et al, 2022)		PONTUAÇÃO	
QUESTÕES		(1)	(0)
Q1	Você acredita ter problemas na atenção seletiva e sustentada ao som (ouvir e entender a fala do professor, mesmo que haja outras conversas na sala ou ruído externo, por exemplo)?		
Q2	Você acredita ter problemas de memória de curta duração relacionados ao som (lembrar-se de coisas que apenas ouviu, como textos curtos, uma aula, por exemplo)?		
Q3	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à concentração?		
Q4	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à memória?		
Q5	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas ao planejamento?		
Q6	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à aprendizagem?		
Q7	Você apresenta dificuldade em memorizar tarefas e combinados que foram apenas ouvidos (sem realizar anotações)?		
Q8	Você apresenta dificuldade em acompanhar tarefas com estímulos variados, como sons, imagens, textos e animações?		

No segundo momento, em que foi realizada uma seleção por conveniência de adultos, os participantes foram submetidos: à Meatoscopia, à Imitanciometria, à Audiometria Tonal

Liminar e Logaudiometria, ao Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300) e ao NEUPSILIN. Os procedimentos foram realizados no período de setembro de 2023 a março de 2024, e apresentam-se descritos abaixo.

Na meatoscopia foi realizada a inspeção do condutivo auditivo externo com uso do otoscópio *Omni 3000* da *MD* para verificar a integridade da orelha externa e da membrana timpânica. A Imitanciometria foi realizada com o equipamento AT235h (*Interacoustics*) para analisar as condições de orelha média e a integridade do arco reflexo do nervo acústico. A Audiometria Tonal Liminar e a logaudiometria foram realizadas em cabina acústica com o equipamento AD629 (*Interacoustics*). Foram pesquisados os limiares auditivos nas frequências de 250Hz a 8000Hz com o tom puro *Warble*, por meio de técnica descendente, o Limiar de Reconhecimento de Fala (SRT) e o Índice Percentual de Reconhecimento de Fala (IPRF). Os exames supracitados foram utilizados para detectar indivíduos que apresentassem perdas auditivas ou alguma condição de orelha média que inviabilizasse sua participação no estudo.

Para realização do exame Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300) foi utilizado o equipamento ICS Chartr EP 200 (*Otometrics*). Foram analisadas as latências e as amplitudes das ondas P1, N1, P2, N2 e P3. A marcação das ondas foi realizada por dois avaliadores independentes de forma cega e, a partir disso, foi calculada a média de latência e de amplitude das ondas de cada participante. Para a análise de P3, foi considerada a parte mais positiva da forma de onda, pois, embora muitos participantes tenham demonstrado os subcomponentes P3a e P3b, nem todos apresentam essa bifurcação confiável do pico positivo maior⁽²⁾. As amplitudes de P2 e P3 foram medidas de vale a pico, a fim de reduzir desvios ou mudanças lentas na linha de base⁽⁴⁾. O protocolo de registro do exame foi elaborado com base na literatura revisada por pares⁽²⁻⁵⁾. Esse protocolo está descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Protocolo de registro do exame P300

Protocolo de registro do P300	
Estado do indivíduo	Alerta
Posicionamento do indivíduo	Deitado em maca com a cabeça elevada a 30°
Forma de contagem do estímulo raro	Mental
Posicionamento dos eletrodos	Terra (Fpz), ativo (Cz), referência (M1 e M2)
Impedância dos eletrodos	<5Kohms
Transdutor	Fone de inserção
Estimulação	Binaural
Intensidade do estímulo	75dBNA
Apresentação dos estímulos	20% de estímulos raros e 80% de estímulos frequentes
Total de estímulos	300
Frequência dos estímulos	Raro: 2000Hz Frequente: 1000Hz
Duração dos estímulos	30 ciclos para 1000Hz e 60 ciclos para 2000Hz
Velocidade	1,1pps
Filtros	Passa-alto: 1Hz Passa-baixo: 100Hz

Fonte: Polich, 1985⁽²⁾; McPherson, 1996⁽³⁾; Hall, 2007⁽⁴⁾; Reis e Frizzo, 2015⁽⁵⁾

A avaliação neuropsicológica breve – NEUPSILIN⁽¹⁴⁾ foi utilizada para avaliar as funções neuropsicológicas: atenção; memória; linguagem oral e escrita; funções executivas. Para sua análise, foram utilizadas as pontuações de cada tarefa avaliada para descrever o desempenho e para realizar associações entre grupos etários. Além disso, de acordo com as instruções do teste, o desempenho em cada tarefa foi descrito de forma qualitativa (classificados como “normal”, “alerta para déficit neuropsicológico” ou “déficit neuropsicológico”) para identificar participantes com alteração nas habilidades neuropsicológicas.

Análise de dados

Foi realizada a análise descritiva dos dados, por meio da distribuição de frequência das variáveis categóricas.

Para as análises de associação, inicialmente foi utilizado o teste Shapiro-Wilk para avaliar a distribuição. As variáveis que apresentaram distribuição normal foram analisadas por meio dos testes t de *Student* (para variáveis contínuas) e Qui-quadrado (para variáveis categóricas). Para as variáveis com distribuição não-paramétrica, foi utilizado o teste *Mann-Whitney* (para verificar a distribuição de variáveis entre dois grupos independentes). A correlação entre variáveis contínuas foi avaliada por meio do teste de *Spearman*. Foram consideradas como associações estatisticamente significantes as que apresentaram valor de $p \leq 0,05$ e Intervalo de Confiança (IC) de 95%.

Para entrada, processamento e análise dos dados foi utilizado o *software* Stata® 16.0, após a inserção dos dados em planilha no Excel®.

Foi utilizado o *software* Matlab®, versão R2024a, para calcular a grande média das ondas de longa latência e para gerar as imagens das ondas coletadas. Ademais, a concordância entre os dois avaliadores responsáveis pelas marcações dos componentes do P300 foi verificada por meio do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), utilizando o modelo *two-way fixed* com tipo de medida “*average consistency*” (ICC3k).

5.1.4 Resultados

A Tabela 3 apresenta a descrição das características gerais de cada grupo etário do estudo, considerando as variáveis: idade, sexo e escolaridade. Não houve variação das variáveis sexo e escolaridade entre os grupos, pois foi utilizado o pareamento por grupo dessas variáveis. Para facilitar a apresentação dos dados, o grupo de jovens adultos foi nomeado G1, e o grupo de adultos maduros foi denominado G2.

Tabela 3. Análise descritiva das características gerais da amostra

Dados	Variáveis	G1	G2
Idade	Mínimo	20	40
	Máximo	32	55
	Mediana	24	47
Sexo	Feminino n(%)	17 (56,67)	17 (56,67)
	Masculino n(%)	13 (43,33)	13 (43,33)
Escolaridade	Ensino Médio completo n(%)	5 (16,67)	5 (16,67)
	Superior incompleto n(%)	9 (30)	9 (30)
	Superior completo n(%)	9 (30)	9 (30)
	Pós-graduação n(%)	7 (23,33)	7 (23,33)

Legenda: G1 = jovens adultos; G2 = adultos maduros; n=número de participantes

O grupo de jovens adultos foi composto por indivíduos de 20 a 32 anos, e o grupo de adultos maduros foi formado por pessoas de 40 a 55 anos. Em ambos os grupos, houve prevalência do sexo feminino (56,67%) e, além disso, as escolaridades variaram do Ensino Médio completo à Pós-graduação.

Ademais, foram realizadas análises associativas entre grupos etários. Na Tabela 4, é possível observar a análise descritiva e associativa entre os grupos em relação às queixas auditivas e acadêmicas autorrelatadas. A queixa mais preponderante, em ambos os grupos, foi

a dificuldade de memorizar tarefas apenas ouvidas. Os grupos etários, de acordo com a análise, foram semelhantes em relação às queixas relatadas.

Tabela 4. Associação entre grupos etários em relação às queixas acadêmicas e auditivas

Questões	G1		G2		Valor-p
	Sim	Não	Sim	Não	
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	
Dificuldade de atenção auditiva seletiva e sustentada	16 (53,33)	14 (46,67)	14 (46,67)	16 (53,33)	0,606
Dificuldade de memória auditiva de curta duração	15 (50,00)	15 (50,00)	15 (50,00)	15 (50,00)	1,000
Dificuldade recente de concentração	14 (46,67)	16 (53,33)	13 (43,33)	17 (56,67)	0,795
Dificuldade recente de memória	15 (50,00)	15 (50,00)	12 (40,00)	18 (60,00)	0,436
Dificuldade recente de planejamento	13 (43,33)	17 (56,67)	8 (26,67)	22 (73,33)	0,176
Dificuldade recente de aprendizagem	4 (13,33)	26 (86,67)	5 (16,67)	25 (83,33)	0,718
Dificuldade de memorizar tarefas apenas ouvidas	19 (63,33)	11 (36,67)	17 (56,67)	13 (43,33)	0,598
Dificuldade de acompanhar estímulos variados	8 (26,67)	22 (73,33)	11 (36,67)	19 (63,33)	0,405

Teste Qui-quadrado de Pearson

Legenda: G1 = jovens adultos; G2 = adultos maduros; n=número de participantes

Foi realizada, também, a análise descritiva e associativa em relação ao desempenho dos grupos etários na avaliação neuropsicológica breve – NEUPSILIN, que está descrita na Tabela 5.

Tabela 5. Associação entre grupos etários em relação ao desempenho no NEUPSILIN

Questões	G1			G2			Valor-p
	Pontuação			Pontuação			
	Média	Mediana	IC 95%	Média	Mediana	IC 95%	
Atenção Total	25,17	25	[24,52 – 25,82]	25,2	25,5	[24,71 – 25,69]	0,8853*
Contagem de dígitos	19,87	20	[19,61 – 20,13]	19,97	20	[19,90 – 20,03]	0,9810*
Repetição de dígitos	5,3	5	[4,78 – 5,82]	5,23	5,5	[4,76 – 5,71]	0,8973*
Memória Total	60,13	59	[57,39 – 62,88]	54,2	54,5	[51,60 – 56,80]	0,0022**
Memória Operacional	28,6	28,5	[26,67 – 30,53]	26	24,5	[24,15 – 27,85]	0,0450*
Memória Verbal	21,77	21	[20,39 – 23,14]	18,43	18	[17,23 – 19,64]	0,0004**

Memória Semântica	4,9	5	[4,79 – 5,00]	5	5	[5]	0,0780*
Memória Visual	2,97	3	[2,90 – 3,03]	2,87	3	[2,74 – 2,99]	0,1647*
Memória prospectiva	1,97	2	[1,90 – 2,03]	1,9	2	[1,79 – 2,01]	0,3047*
Linguagem oral	21,8	22	[21,65 – 21,95]	21,8	22	[21,63 – 21,97]	0,7916*
Linguagem escrita	30,53	31	[30,31 – 30,76]	30,53	31	[30,31 – 30,76]	1,0000*
Nomeação	4	4	[4]	4	4	[4]	1,0000*
Repetição	9,93	10	[9,84 – 10,02]	9,93	10	[9,84 – 10,02]	1,0000*
Linguagem automática	1,97	2	[1,86 – 2,08]	2	2	[2]	0,3173*
Compreensão oral	3	3	[3]	3	3	[3]	1,0000*
Inferências	2,9	3	[2,79 – 3,01]	2,87	3	[2,74 – 2,99]	0,6901*
Leitura	11,9	12	[11,79 – 12,02]	12	12	[12]	0,0780*
Compreensão escrita	2,97	3	[2,90 – 3,04]	2,93	3	[2,84 – 3,02]	0,5569*
Escrita espontânea	1,93	2	[1,84 – 2,02]	2	2	[2]	0,1538*
Cópia	2	2	[2]	2	2	[2]	1,0000*
Ditado	11,73	12	[11,54 – 11,92]	11,6	12	[11,39 – 11,81]	0,2831*
Resolução de problemas	1,9	2	[1,79 – 2,02]	1,77	2	[1,61 – 1,93]	0,1694*
Vocábulo	17	17	[15,10 - 18,90]	17,7	17,5	[16,26 – 19,14]	0,5509**
Fluência verbal	6,37	6	[5,74 – 6,99]	6,63	6,5	[6,11 – 7,16]	0,5057**

* Teste Mann-Whitney; ** Teste t de Student

Legenda: G1 = jovens adultos; G2 = adultos maduros; IC = Intervalo de Confiança

O grupo de adultos maduros apresentou pontuação menor em relação ao grupo de adultos jovens, com diferença estatisticamente significativa, nas tarefas de: memória total ($p=0,0022$), memória operacional ($p=0,0450$) e memória verbal ($p=0,0004$).

A grande média do registro das ondas raras obtidas está apresentada na Figura 2. Na Figura 2a, em verde, visualiza-se a grande média das ondas raras do grupo de jovens adultos (de 20 a 32 anos), já na Figura 2b, em azul, apresenta-se a grande média das ondas raras do grupo de adultos maduros (de 40 a 55 anos). Optou-se por apresentar as grandes médias das ondas raras obtidas, visto que nelas é possível observar todos os componentes (P1, N1, P2, N2 e P3).

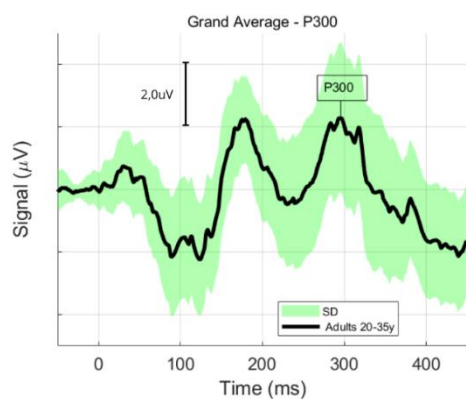


Figura 2a

Figura 2a. Grande média das ondas do P300 de adultos jovens

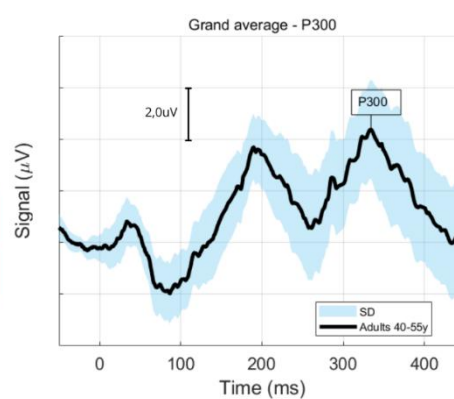


Figura 2b

Figura 2b. Grande média das ondas do P300 de adultos maduros

Esta análise evidencia que a morfologia foi menos definida e a latência de P3 foi mais tardia no grupo de adultos maduros.

A análise de confiabilidade interavaliadores demonstrou excelente consistência entre as marcações dos avaliadores, com um ICC (3.k) = 0,982, com intervalo de confiança de 95% entre 0,979 e 0,985. Em adição, a Figura 3 apresenta um *boxplot* comparando as latências do P300 entre os dois grupos etários.

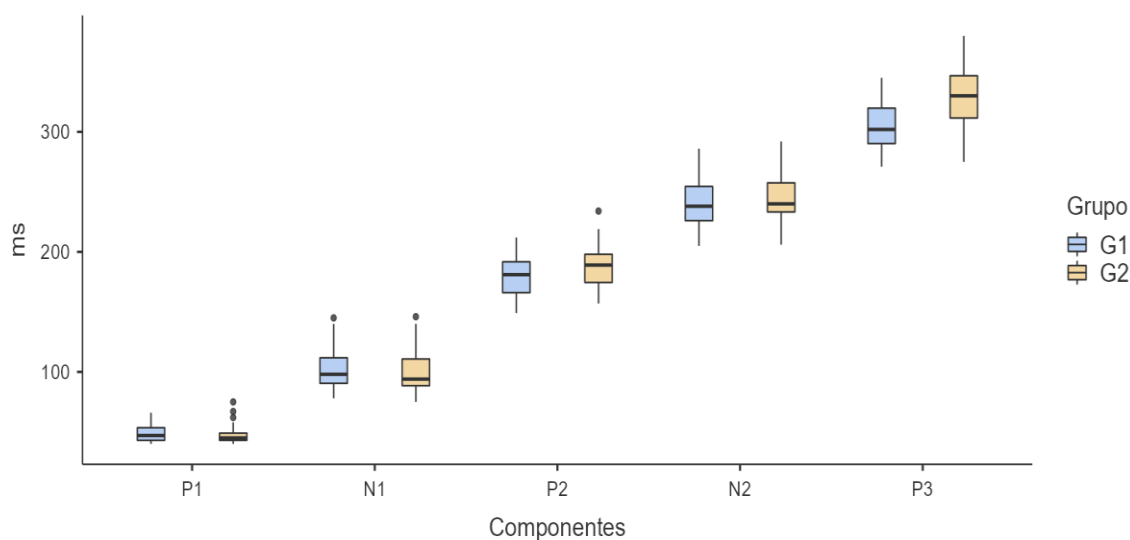


Figura 3. Boxplot das latências do P300 por grupo etário

Observa-se que o grupo de adultos maduros apresenta latências maiores quando comparado ao grupo de jovens adultos, de forma mais evidente no componente P3.

De forma complementar, a análise descritiva e comparativa dos grupos etários no exame Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Associação entre grupos etários em relação ao P300

Potenciais evocados		G1	G2	Valor-p
Latência P1	Média (ms)	49,30567	48,16133	
	Mediana (ms)	47	45	0,5891*
	Mínimo (ms)	40	40	
	Máximo (ms)	66	75	
	IC 95% (ms)	[46,34 – 52,28]	[45,20 – 51,12]	
Latência N1	Média (ms)	101,9328	100,8518	
	Mediana (ms)	98,125	94,085	0,7218*
	Mínimo (ms)	78	75	
	Máximo (ms)	144,5	146,25	
	IC 95% (ms)	[95,94 – 107,93]	[94,24 – 107,46]	
Latência P2	Média (ms)	178,5058	187,1378	
	Mediana (ms)	180,835	188,9575	0,1238*
	Mínimo (ms)	149,17	156,67	
	Máximo (ms)	211,5	234,16	
	IC 95% (ms)	[172,14 – 184,87]	[180,58 – 193,69]	
Amplitude N1-P2	Média (uV)	7,920833	7,774167	
	Mediana (uV)	7,655	7,895	0,8288**
	Mínimo (uV)	1,45	4,11	
	Máximo (uV)	14,07	10,75	
	IC 95% (uV)	[6,74 – 9,10]	[7,05 – 8,50]	
Latência N2	Média (ms)	239,7407	244,5935	
	Mediana (ms)	237,705	239,995	0,3407**
	Mínimo (ms)	204,58	205,83	
	Máximo (ms)	286,25	291,67	
	IC 95% (ms)	[232,13 – 247,35]	[237,61 – 251,58]	
Latência P3	Média (ms)	303,679	329,1258	0,0001**
	Mediana (ms)	302,08	330	

	Mínimo (ms)	271,25	275	
	Máximo (ms)	345,3	379,58	
	IC 95% (ms)	[296,47 – 310,89]	[319,44 – 338,81]	
Amplitude N2-P3	Média (uV)	5,253167	6,616	
	Mediana (uV)	4,59	6,08	0,0537*
	Mínimo (uV)	2,12	2,22	
	Máximo (uV)	16,15	16	
	IC 95% (uV)	[4,25 – 6,26]	[5,47 – 7,77]	

* Teste Mann-Whitney; ** Teste t de Student

Legenda: G1 = jovens adultos; G2 = adultos maduros; IC = Intervalo de Confiança

O grupo de adultos maduros apresentou uma média de latência 26 milissegundos maior do que o grupo de adultos jovens e mediana 28 milissegundos maior.

Considerando as associações estatisticamente significantes encontradas entre grupos etários com relação à P3, foi realizada uma análise de correlação entre as habilidades neuropsicológicas, a latência de P3 e a amplitude N2-P3. Para essa associação, foi considerado o n total de 60 indivíduos, sem dividi-los em grupos etários. Os resultados encontrados estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7. Correlação entre habilidades neuropsicológicas e P3

Variáveis	Latência P3			Amplitude N2-P3		
	Coefficiente de correlação	Valor-p	IC 95%	Coefficiente de correlação	Valor-p	IC 95%
Atenção total	-0,129	0,327	[-0,37 – 0,13]	0,081	0,541	[-0,18 – 0,33]
Contagem de dígitos	-0,191	0,144	[-0,42 – 0,07]	-0,017	0,899	[-0,27 – 0,24]
Repetição de dígitos	-0,117	0,375	[-0,36 – 0,14]	0,086	0,512	[-0,17 – 0,33]
Memória total	-0,361	0,005	[-0,56 – -0,12]	-0,143	0,277	[-0,38 – 0,12]
Memória operacional	-0,367	0,004	[-0,57 – -0,13]	-0,063	0,635	[-0,31 – 0,19]
Memória verbal	-0,225	0,084	[-0,45 – 0,03]	-0,208	0,111	[-0,44 – 0,05]
Memória semântica	0,091	0,492	[-0,17 – 0,34]	-0,095	0,471	[-0,34 – 0,16]
Memória visual	-0,138	0,295	[-0,38 – 0,12]	0,092	0,483	[-0,17 – 0,34]
Memória prospectiva	0,139	0,290	[-0,12 – 0,38]	-0,008	0,953	[-0,26 – 0,25]

Linguagem oral	-0,072	0,587	[-0,32 – 0,19]	0,128	0,329	[-0,13 – 0,37]
Linguagem escrita	-0,109	0,407	[-0,35 – 0,15]	0,282	0,029	[0,03 – 0,50]
Repetição de palavras	0,037	0,781	[-0,22 – 0,29]	0,178	0,175	[0,08 – 0,41]
Linguagem automática	0,034	0,798	[-0,22 – 0,29]	0,162	0,217	[-0,09 – 0,39]
Inferências	-0,141	0,283	[-0,38 – 0,12]	-0,020	0,883	[-0,27 – 0,24]
Leitura	0,108	0,411	[-0,15 – 0,35]	0,223	0,087	[-0,03 – 0,45]
Compreensão escrita	-0,077	0,557	[0,33 – 0,18]	0,113	0,392	[-0,15 – 0,36]
Escrita espontânea	0,107	0,415	[-0,15 – 0,35]	0,048	0,714	[-0,21 – 0,30]
Ditado	-0,183	0,163	[-0,42 – 0,07]	0,176	0,180	[-0,08 – 0,41]
Resolução de problemas	-0,007	0,961	[-0,26 – 0,25]	-0,007	0,961	[-0,26 – 0,25]
Vocábulos	0,007	0,956	[-0,25 – 0,26]	0,267	0,040	[0,014 – 0,49]
Fluência verbal	0,012	0,927	[-0,24 – 0,27]	0,256	0,048	[0,002 – 0,48]

Teste Spearman

Legenda: IC = Intervalo de Confiança

Foram encontradas algumas correlações estatisticamente significantes: a latência de P3 apresentou correlação negativa moderada à memória total e operacional, ou seja, conforme houve aumento da latência de P3, ocorreu diminuição nas pontuações de memória total e operacional. Por fim, a amplitude de N2-P3 apresentou correlação positiva fraca com linguagem escrita, vocábulos e fluência verbal, portanto, ao passo que se verificou aumento da amplitude do potencial, sucedeu-se aumento na pontuação das habilidades neuropsicológicas supracitadas.

5.1.5 Discussão

Todos os participantes incluídos no estudo apresentaram habilidades neuropsicológicas dentro da normalidade, de acordo com os resultados do NEUPSILIN⁽¹⁴⁾. No entanto, ambos os grupos apresentaram queixas auditivas e acadêmicas autorrelatadas. Estudos relatam que existem muitas pessoas com queixas cognitivas subjetivas - como esquecimento, distração e dificuldade de acesso lexical - mas que possuem perfil neuropsicológico dentro dos padrões de normalidade, sem nenhum diagnóstico neurológico^(26,27). Sintomas cognitivos subjetivos podem refletir o declínio fisiológico normal relacionado à idade, como ocorre com a memória verbal⁽²⁶⁾, sendo essa a queixa mais preponderantemente autorrelatada nos dois grupos do presente estudo. Por isso, vale ressaltar que, embora o uso de questionários seja importante para agregar informações adicionais relevantes, esses instrumentos sofrem interferência da capacidade dos indivíduos de avaliarem as dificuldades apresentadas, bem como da interpretação do paciente⁽²⁸⁾. Assim, a análise das habilidades por meio de avaliação neuropsicológica é fundamental para a formulação de diagnósticos clínicos assertivos⁽²⁶⁾.

Acerca das queixas, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre as relatadas por adultos jovens e adultos maduros. Esses achados podem ser explicados pelo envelhecimento cognitivo ao decorrer da vida adulta, já que há declínios graduais, quase lineares, com início na vida adulta⁽¹⁵⁾. Por isso, é possível que as diferenças entre os dois grupos não tenham sido evidentes no cotidiano dos indivíduos, a ponto de serem detectadas no autorrelato dos indivíduos mais velhos.

Além disso, vale ressaltar que a presença de queixas auditivas e acadêmicas autorrelatadas pelos participantes pode ter sofrido influência de um viés de seleção, em que os indivíduos se interessaram em participar do estudo por apresentarem essas queixas. Contudo, a exclusão de diagnósticos de transtornos neurológicos e/ou psiquiátricos e as alterações na avaliação neuropsicológica breve auxiliaram na minimização desse possível viés.

A literatura relata que, a partir da terceira década de vida, são encontrados declínios cognitivos, como nas habilidades de velocidade de processamento, de memória de longo prazo, de memória de trabalho e de funções executivas^(11,12). A velocidade de processamento demonstra declínio gradual na fase adulta, mas a memória e o raciocínio demonstram declínios mais acelerados⁽¹⁵⁾. Esses achados estão em consonância com os resultados do presente estudo, uma vez que os adultos mais velhos apresentaram pior desempenho nas tarefas de memória, em especial as memórias operacional e verbal. Logo, já são encontrados declínios na fase adulta, por meio da avaliação neuropsicológica breve, em relação às habilidades de memória.

Os potenciais evocados auditivos de longa latência refletem o processo de envelhecimento cognitivo. Todavia, ainda existem inconsistências nas descrições publicadas sobre os adultos mais velhos⁽⁴⁾.

Alguns estudos^(29,30) demonstram diminuição, em adultos, da latência no complexo P1-N1 com o avançar da idade. No presente artigo, os dois grupos etários estudados apresentaram resultados semelhantes e homogêneos, na análise estatística, em relação às latências dos componentes P1 e N1, embora tenha sido observado que o grupo de jovens adultos apresentou latência ligeiramente maior nos componentes supracitados, em comparação ao grupo de adultos maduros. Esses achados estão de acordo com a literatura, pois sugere-se que os mecanismos fisiológicos que influenciam as latências de P1 e N1 podem permanecer em desenvolvimento contínuo na idade adulta⁽²⁹⁾. Destaca-se que ainda há escassez de estudos que abordem essa mudança de latência de P1 e N1 na vida adulta, o que torna esses achados valiosos para estudos futuros.

Há, na literatura, publicações^(7,31) que verificaram latências menores de P2 em indivíduos mais velhos em comparação aos pacientes mais novos. Não obstante, outros estudos^(16,32) não encontraram mudanças na latência de P2 em relação ao envelhecimento. Isso é

relevante, já que a latência de P2 pode ser correlacionada com o nível de atenção do participante ao estímulo sonoro que foi apresentado⁽⁴⁾. Assim, o aumento da latência desse componente em indivíduos mais velhos sugere maior tempo para discriminação sonora⁽⁴⁾.

Da mesma forma, existem trabalhos que encontraram aumento na amplitude de P2⁽¹⁶⁾, enquanto outros encontraram sua diminuição⁽³³⁾ ou não encontraram diferenças em relação à idade⁽³⁴⁾. Nesse sentido, a diminuição da amplitude de P2 pode ocorrer por haver maior esforço atencional para processar e discriminar estímulos⁽¹⁰⁾.

Nesta pesquisa, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos em relação à latência e à amplitude de P2. Tal resultado era esperado, pois, embora haja evidências de diferenças na latência e na amplitude desse componente com a progressão da idade, essa se deu incluindo idosos na amostra^(7,16,31,33), diferentemente do presente estudo.

Estudos que se dispuseram a analisar potenciais evocados auditivos com o avançar da idade encontraram maior latência de N2 ao longo da faixa etária dos indivíduos^(7,35), com aumento de cerca de 0,8ms por ano a partir dos 15 anos de idade⁽⁷⁾. Além disso, a literatura demonstra, de forma evidente, que a latência de P3 aumenta com o envelhecimento⁽³⁻⁵⁾, com acréscimo de cerca de 1,8ms por ano a partir dos 15 anos de idade⁽⁷⁾.

Considerando que o aumento da latência reflete a velocidade de processamento neural^(8,36) e que há declínios graduais relacionados aos mecanismos de velocidade de processamento que se iniciam na fase adulta⁽¹¹⁾, é esperado que exista aumento da latência dos potenciais N2 e P3 em indivíduos mais velhos, pois são considerados endógenos, ou seja, refletem a atividade de áreas auditivas corticais frente a uma tarefa cognitiva⁽⁴⁾. Além disso, o potencial P3 apresenta latência aumentada de forma mais evidente do que N2⁽⁷⁾, o que está em consonância com o presente estudo, em que só foi encontrada diferença com significância estatística em relação à P3 com o aumento da idade, considerando que não foram incluídos

participantes com idades acima de 56 anos neste artigo. Foi observado um ligeiro aumento de latência de N2 no grupo de adultos maduros (com idades entre 40 e 55 anos) mas sem diferença estatisticamente significativa.

A latência de P3 está relacionada ao tempo de processamento necessário após a apresentação do estímulo e, por isso, é uma medida temporal sensível da atividade neural subjacente aos processos de alocação de atenção e de memória imediata⁽³⁷⁾, o que justifica as associações estatisticamente significantes entre a latência de P3 e as habilidades de memória encontradas.

Os achados deste estudo corroboram a literatura prévia sobre o P3 como um marcador objetivo de processos cognitivos, como atenção e memória^(3,4). O aumento significativo da latência do P3 nos adultos mais velhos, associado a desempenhos mais baixos em tarefas do NEUPSILIN, reflete as mudanças naturais do processamento neural, que acompanham o envelhecimento cognitivo saudável.

Em relação à amplitude de P3, há muita variabilidade na literatura, demonstrando-se entre 1,7 a 19,0 microvolts⁽³⁸⁾. Os valores encontrados neste estudo estão de acordo com as amplitudes citadas anteriormente.

A amplitude do potencial cognitivo está associada à quantidade de recursos de atenção envolvidos⁽³⁶⁾ e diminui à medida que a dificuldade da tarefa aumenta⁽³⁹⁾. Ademais, considerando os declínios cognitivos encontrados no envelhecimento, em indivíduos idosos, são encontradas menores amplitudes de P3^(7,16).

A ausência de diferenças significativas na amplitude entre os grupos no presente estudo sugere que a capacidade de alocação de recursos atencionais pode ser preservada, mesmo diante de um aumento de latência. Além disso, pessoas com melhor desempenho nas tarefas de linguagem escrita, de vocábulos e de fluência verbal apresentaram maior amplitude da onda P3.

Não foram encontradas correlações semelhantes na literatura, mas sugere-se que indivíduos com maior proficiência linguística possam apresentar maior facilidade na realização da tarefa no P300, resultando em amplitudes aumentadas.

No que tange à morfologia das ondas, no grupo de jovens adultos, foi possível observar maior nitidez e definição da onda P3, com visualização do duplo pico P3a e P3b, diferentemente do grupo de adultos mais velhos. Nesse contexto, é importante enfatizar que habilidades de atenção, de memória e de discriminação apresentam relevância para a morfologia dos componentes do P300^(3,40).

Os dados neuropsicológicos obtidos com o NEUPSILIN reforçaram a evidência do declínio cognitivo saudável em adultos, fortalecendo a correlação entre desempenho cognitivo e medidas eletrofisiológicas. Esse vínculo evidencia que o exame eletrofisiológico P300 pode ser uma ferramenta útil para complementar avaliações neuropsicológicas em populações adultas, auxiliando na diferenciação entre envelhecimento saudável e declínio patológico. A integração desses dados com padrões normativos locais, como sugerido na literatura⁽¹⁹⁾, é crucial para aprimorar sua aplicabilidade clínica.

Acerca das limitações do estudo, inclui-se o tamanho da amostra que, embora tenha sido baseada em estudos anteriores que buscaram estabelecer dados normativos do P300, pode influenciar a validade externa do estudo, e a ausência de controle sobre algumas variáveis (como uso de medicamentos e estilo de vida). Estes aspectos devem ser explorados em pesquisas futuras, considerando seu impacto nos padrões de latência e de amplitude dos PEALL. Estudos longitudinais podem, também, esclarecer a progressão das mudanças eletrofisiológicas ao longo do envelhecimento em comparações intrassujeito, além de oferecer subsídios para intervenções precoces.

Por fim, a relevância dos PEALL no monitoramento do envelhecimento cognitivo saudável e no diagnóstico diferencial de doenças neurodegenerativas reforça sua utilidade clínica. A integração desses métodos em protocolos de avaliação pode contribuir para a identificação de alterações que precedem diagnósticos cognitivos⁽¹⁵⁾, facilitando, dessa forma, a intervenção em tempo hábil.

5.1.6 Conclusão

Dados normativos do exame Potencial Evocado Auditivo de Longa Latência (P300) foram estabelecidos em dois grupos etários. Destaca-se a importância de estabelecer padrões normativos regionais para o exame P300, considerando variáveis sociodemográficas e culturais.

Além disso, a comparação do P300 nos grupos etários revelou aumento da latência de P3 e piora no desempenho em tarefas de memória em adultos com mais de 40 anos de idade em comparação com o grupo mais jovem. Os resultados encontrados reforçam a relevância dos Potenciais Evocados Auditivos de Longa Latência, em especial o componente P3, como uma ferramenta eficaz para avaliar o envelhecimento cognitivo em adultos. As diferenças observadas entre os grupos etários contribuem para a compreensão sobre o impacto do envelhecimento em funções neurofisiológicas. Além disso, a associação entre as latências de N2 e P3, amplitude N2-P3 e o desempenho em tarefas neuropsicológicas sugere que essas medidas podem refletir alterações funcionais relacionadas ao processamento cognitivo.

Ademais, estudos futuros e longitudinais são fundamentais para validar os achados e ampliar o uso clínico dos PEALL como marcadores objetivos do envelhecimento cognitivo saudável e patológico.

5.1.7 Agradecimentos

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. A fonte de financiamento não apresentou envolvimento na condução da pesquisa e/ou na preparação do artigo.

Gostaríamos de expressar nossa gratidão ao professor Rickson Mesquita do departamento de Ciências da Computação da Universidade de Birmingham, pelo auxílio na análise dos resultados. Por fim, agradecemos aos participantes do estudo, cuja colaboração foi essencial para a realização desta pesquisa.

5.1.8 Referências

1. World Health Organization. Active ageing: a policy framework. World Health Organization. Madrid; 2002. 60 p.
2. Polich J, Howard L, Starr A. Effects of age on the P300 component of the event-related potential from auditory stimuli: Peak definition, variation, and measurement. *Journal of Gerontology*. 1985; 40(6): 721-726.
3. McPherson DL. Late potentials of the auditory system. San Diego: Singular Publishing Group; 1996. 158p.
4. Hall J. New handbook of Auditory Evoked Responses. Boston: Pearson Education; 2007. 749p.
5. Reis AC; Frizzo AC. Potencial Evocado Auditivo Cognitivo. In: Boéchat EM et al, (org.). *Tratado de Audiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2015. p. 140-150
6. Sousa LC, Piza MR, Alvarenga KF, Cóser PL. *Eletrofisiologia da audição e emissões otoacústicas: princípios e aplicações clínicas*. 3ª ed. Ribeirão Preto, SP: Book Toy, 2016. 372p.
7. Goodin DS, Squires KC, Henderson BH, Starr A. Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1978; 44: 447-458.
8. Bevilacqua MC, Martinez MA, Balen SA, Pupo AC, Reis AC, Frota S. *Tratado de Audiologia*. GEN-Grupo Editorial Nacional Participações. 2011;231-59.
9. Dustman RE, Beck EC. Visually evoked potentials: amplitude changes with age. *Science*. 1966;151:1013--1015.

10. Oliveira et al. Cognitive performance and long-latency auditory evoked potentials: a study on aging. *Clinics*. 2021;76:1-7. DOI:10.6061/clinics/2021/e1567
11. Park DC, Lautenschlager G, Hedden T, Davidson NS, Smith AD, Smith PK. Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging*. 2002;17(2):299–320. DOI: 10.1037/0882-7974.17.2.299
12. Salthouse T. Consequences of age-related cognitive declines. *Annual review of psychology*. 2012;63:201–226. DOI: 10.1146/annurev-psych-120710-100328.
13. Harada CN, Natelson Love MC, Triebel K. Normal cognitive aging. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2013; 29(4):737-752. DOI: 10.1016/j.cger.2013.07.002
14. Fonseca RP, Salles JF, Parente MA. Instrumento de Avaliação Neuropsicológica Breve Neupsilin. Vol 1. Porto Alegre, Brasil: Vetor; 2009. 126p.
15. Salthouse TA. Trajectories of normal cognitive aging. *Psychology and Aging*. 2019; 34(1):17-24. DOI: 10.1037/pag0000288
16. Pfefferbaum A, Ford JM, Roth WT, Kopell BS. Age-related changes in auditory event-related potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1980;49:266-76.
17. Polich J. EEG and ERP assessment of normal aging. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1997;104(3):244-56. DOI: 10.1016/s0168-5597(97)96139-6
18. Salthouse TA. When does age-related cognitive decline begin? *Neurobiology of Aging*. 2009; 30:507–514. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2008.09.023
19. Lewis RS, Goto SG, Kong LL. Culture and context: East Asian American and European American differences in P3 event-related potentials and self-construal. *Pers Soc Psychol Bull*. 2008;34:623-34.

20. Abreu NC, Jesus LC, Alves LM, Mancini PC, Labanca L, Resende LM. Validation of the Central Auditory Processing Skill Self-Perception Scale (CAPSSPS) for adults. *Audiology Communication Research*. 2022; 27: 1-9. DOI: 10.1590/2317-6431-2021-2577
21. Moraes NM, Moraes FL, Lima SP. Aging biological and psychological characteristics. *Rev. Med Minas Gerais*. 2010; 20(1): 67-73.
22. Didoné DD et al. Auditory evoked potential P300 in adults: reference values. *Einstein*. 2016; 14(2): 208–212. DOI: 10.1590/S1679-45082016AO3586
23. Silman S, Silverman CA. Basic audiologic testing. *Auditory diagnosis: principles and applications*. San Diego: Singular Publishing Group. 1997: 44-52.
24. World report on hearing, 2021. Geneva: World Health Organization; 2021. 272p. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240020481>
25. Jerger J, Jerger S, Mauldin L. Studies in impedance audiometry. Normal and sensorineural ears. *Archives of Otolaryngology*. 1972; 96: 513-23.
26. Kemp S, Kapur N, Graham CD, Reuber M. Functional Cognitive Disorder: Differential Diagnosis of Common Clinical Presentations. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 2022; 37(6): 1158–1176. DOI: <https://doi.org/10.1093/arclin/acac020>
27. Teodoro T, Edwards MJ, Isaacs JD. A unifying theory for cognitive abnormalities in functional neurological disorders, fibromyalgia and chronic fatigue syndrome: systematic review. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2018;89(12):1308–1319. DOI: 10.1136/jnnp-2017-317823

28. Barry JG, Tomlin D, Moore DR, Dillon H. Use of questionnaire-based measures in the assessment of listening difficulties in school-aged children. *Ear Hear.* 2015;36(6):300–313. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000180
29. Poulsen C, Picton TW, Paus T. Age-related changes in transient and oscillatory brain responses to auditory stimulation in healthy adults 19-45 years old. *Cereb Cortex.* 2007;17(6):1454-1467. DOI: 10.1093/cercor/bhl056. Epub 2006 Aug 17.
30. McArthur G, Bishop D. Event-related potentials reflect individual differences in age-invariant auditory skills. *Neuroreport.* 2002;13(8):1079--1082. DOI: 10.1097/00001756-200206120-00021
31. Callaway, E. Brain electrical potentials and individual psychological differences. 9^a ed. New York: Grune & Stratton; 1975. 195p.
32. Brown W, Marsh J, LaRue A. Exponential electrophysiological aging: P3 latency. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1983;55(3):277-285. DOI: 10.1016/0013-4694(83)90205-5
33. Czigler I, Csibra G, Csontos A. Age and inter-stimulus interval effects on event-related potentials to frequent and infrequent auditory stimuli. *Biol. Psychol.* 1992;33(2-3): 195-206. DOI: 10.1016/0301-0511(92)90031-o
34. Picton TW, Skinner CR, Champagne SC, Kellett AJ, Maiste AC. Potentials evoked by the sinusoidal modulation of the amplitude or frequency of a tone. *Journal of the Acoustical Society of America.* 1987;82(1):165-178. DOI: 10.1121/1.395560
35. Stenklev NC, Laukli E. Cortical cognitive potentials in elderly persons. *Journal of the American Academy of Audiology.* 2004;15(6):401-413. DOI: 10.3766/jaaa.15.6.2

36. Polich, J. Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*. 2007; 118(10):2128-2148. DOI: 10.1016/j.clinph.2007.04.019.
37. Polich J, Herbst KL. P300 as a clinical assay: rationale, evaluation, and findings. *Int J Psychophysiol*. 2000;38(1):3-19. DOI: 10.1016/s0167-8760(00)00127-6.
38. Kraus N, McGee T. Potenciais auditivos de longa latência. In: Katz J, editor. *Tratado de audiologia clínica*. São Paulo: Manole; 1999. p.403-420.
39. Kramer AF, Wickens CD, Donchin E. Processing of stimulus properties: Evidence for dual-task integrality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1985;11(4):393–408. DOI: 10.1037/0096-1523.11.4.393
40. Sena Taise Argolo. *Implicações da contribuição endógena e exógena para obtenção do P300 utilizando paradigma de omissão [Tese]*. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2016. 133 p.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi investigar o impacto do envelhecimento cognitivo em adultos por meio da análise dos PEALL - em especial o componente P3 - e da Avaliação Neuropsicológica Breve - NEUPSILIN, utilizando uma abordagem neuropsicológica e eletrofisiológica. Os resultados obtidos confirmaram a relevância do P300 como marcador de processamento cognitivo e de envelhecimento, destacando alterações na latência de P3 relacionado ao aumento da idade e às diferenças em habilidades cognitivas específicas.

Os principais achados sugerem que o envelhecimento influencia diretamente nos processos de memória, refletidos na latência de P3, corroborando a literatura existente.

Apesar das contribuições, este estudo apresentou limitações, como a ausência de aplicação de uma bateria neuropsicológica completa, o que permitiria a identificação de alterações cognitivas com maior precisão. Além disso, fatores como o uso de medicamentos e o estilo de vida não foram controlados.

Assim, sugere-se que estudos futuros abordem esses aspectos, dada sua relevância para os padrões de latência e de amplitude dos PEALL. Além disso, incentiva-se a elaboração de estudos que explorem delineamentos longitudinais, para a possibilidade de verificar o curso dos declínios que ocorrem com a idade por meio da comparação intrassujeito, e considerem metodologias que integrem medidas de neuroimagem funcional para investigar as bases neurais das alterações eletrofisiológicas observadas.

Por fim, acredita-se que os achados desta dissertação contribuíram para a compreensão sobre o envelhecimento cognitivo, destacando o papel do P300 como marcador eletrofisiológico sensível às mudanças cognitivas ao longo da vida. Nesse contexto, a presente pesquisa fornece subsídios para a elaboração de estratégias diagnósticas no contexto clínico,

permitindo a identificação de alterações que precedem diagnósticos de demência, a fim de promover a qualidade de vida de populações adultas e idosas em tempo oportuno.

APÊNDICES

Apêndice I. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

N.º Registro CEP: 913.623

Título do Projeto: “Auto percepção de habilidades do processamento auditivo em estudantes do ensino superior e impacto no desempenho acadêmico”

Você está sendo convidado (a) a participar do trabalho de conclusão de curso intitulado “Auto percepção de habilidades do processamento auditivo em estudantes do ensino superior e impacto no desempenho acadêmico”. Esta pesquisa será desenvolvida pelas pesquisadoras Professora Doutora Luciana Macedo de Resende, Professora Doutora Luciana Mendonça Alves, doutoranda Luciana Cássia de Jesus, e pela pesquisadora Bruna Stéfanie Pereira. A referida pesquisa tem como objetivo geral validar e normatizar a aplicação on-line da Escala de Autopercepção das habilidades do processamento auditivo (EAPAC) para adultos brasileiros.

Como objetivos específicos: descrever as características sociais, demográficas e clínicas da população estudada; caracterizar a percepção do indivíduo relacionada às queixas de processamento auditivo por meio da aplicação on-line da EAPAC; comparar os escores da EAPAC às avaliação diagnóstica do PAC; relacionar as queixas auditivas identificadas por meio da EAPAC com as dificuldades no ambiente acadêmico, os fatores sociodemográficos e os hábitos de vida; avaliar a reprodutibilidade, a sensibilidade e a consistência interna da EAPAC; definir valores de corte da EAPAC para a identificação de risco para o TPAC em adultos brasileiros; analisar os valores de latência das ondas P1, N1, P2, N2 e P3 obtidos por meio do Potencial Auditivo Evocado de Longa Latência (P300) em jovens adultos e em adultos maduros; comparar as queixas auditivas relatadas no EAPAC com os desempenhos apresentados no P300 e NEUPSILIN em ambos os grupos; verificar os resultados obtidos nos testes aplicados entre os dois grupos.

Você foi selecionado porque se apresenta na faixa etária específica para o estudo, apresenta, ou não, queixas de dificuldades acadêmicas e/ou profissionais e sua participação não é obrigatória. Para participar deste estudo, solicitamos a sua

especial colaboração em ler e responder o questionário, anexados a este documento. Posteriormente, você poderá ser convidado a fazer uma avaliação do processamento auditivo central, para confirmar os achados deste levantamento, sem ônus de nenhuma espécie. Consideramos que a metodologia utilizada para coleta de dados oferece riscos mínimos, como, por exemplo, desconforto ou cansaço durante a realização da avaliação padronizada. Como resultado deste estudo, esperamos que você possa caracterizar as dificuldades encontradas e verificar a correspondência entre as queixas apresentadas e o seu desempenho acadêmico e/ou profissional. Você não terá nenhum gasto com a sua participação no estudo e não receberá pagamento por ele. A sua identidade será mantida em sigilo.

Os resultados do estudo serão sempre apresentados como o retrato de um grupo e não de uma pessoa. Dessa forma, você não será identificado quando o material de seu registro for utilizado, seja para propósitos de publicação científica ou educativa. Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento. Em caso de você decidir se retirar do estudo, favor informar ao pesquisador e/ou à pessoa de sua equipe que o esteja atendendo.

Você poderá solicitar qualquer esclarecimento, sempre que sentir necessidade. Este documento será emitido em duas vias. Uma será entregue à pesquisadora e a outra ficará com o participante.

Profª Drª Luciana Macedo de Resende

Profª Drª Luciana Mendonça Alves

Luciana Cássia de Jesus

Bruna Stéfanie Pereira

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais, que poderá ser contatado para esclarecimentos pelo telefone 3499-4542, por emailcoep@prpq.ufmg.br ou no seguinte endereço: Av. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II, sala 2005. CEP 31270-901 - Belo Horizonte, MG. Os pesquisadores responsáveis poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre esta pesquisa, assim como tirar dúvidas, bastando contato no seguinte endereço de email e/ou telefone: Prª Drª Luciana Macedo de Resende – lmacedo.luciana@gmail.com –

31 3409 9791, Prof^aDr^a Luciana Mendonça Alves – lumendoncaalves@gmail.com –
31 3409-9117, Luciana Cássia de Jesus – lucassia.fono@gmail.com – 31 99737 6326.

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Declaro que li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de concordar com este termo de consentimento e que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi satisfatoriamente explicada e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que salvei uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade. Dou meu consentimento de livre e espontânea vontade para participar deste estudo.

Belo Horizonte, ____/____/____

Assinatura

Apêndice II. Questionário sobre autopercepção de habilidades auditivas e acadêmicas adaptado da EAPAC

QUESTIONÁRIO SOBRE AUTO PERCEPÇÃO DE HABILIDADES AUDITIVAS E ACADÊMICAS		RESPOSTAS	
Nome: _____ Sexo: _____ Idade: _____ Escolaridade: _____ Telefone: () _____ - _____ Data: ____/____/____		Sim	Não
Adaptado de EAPAC (Abreu et al, 2022)		PONTUAÇÃO	
QUESTÕES		(1)	(0)
Q1	Você acredita ter problemas na atenção seletiva e sustentada ao som (ouvir e entender a fala do professor, mesmo que haja outras conversas na sala ou ruído externo, por exemplo)?		
Q2	Você acredita ter problemas de memória de curta duração relacionados ao som (lembrar-se de coisas que apenas ouviu, como textos curtos, uma aula, por exemplo)?		
Q3	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à concentração?		
Q4	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à memória?		
Q5	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas ao planejamento?		
Q6	Você apresenta, atualmente, dificuldades acadêmicas ou profissionais relacionadas à aprendizagem?		
Q7	Você apresenta dificuldade em memorizar tarefas e combinados que foram apenas ouvidos (sem realizar anotações)?		
Q8	Você apresenta dificuldade em acompanhar tarefas com estímulos variados, como sons, imagens, textos e animações?		

Apêndice III. Roteiro estruturado para anotação dos dados coletados

Pesquisa: Desempenho cognitivo auditivo de jovens adultos e adultos maduros

Pesquisadoras: Bruna Stéfanie Pereira, Luciana Macedo de Resende, Luciana Mendonça Alves

Programa de Pós-graduação em Ciências Fonoaudiológicas – UFMG

Nome:

Idade:

Data da avaliação:

Os testes utilizados na avaliação e os resultados foram apresentados abaixo:

Im ita nc io m etr ia	Curva timpanométrica	Orelha direita (OD)					Orelha esquerda (OE)				
		A	Ar	B	C	Ad	A	Ar	B	C	Ad
		500Hz	1kHz	2kHz	4kHz		500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
	RE ipsilaterais										
	RE contralaterais										

RE- reflexo estapediano

Critérios de classificação: Jerger, Jerger e Mauldin, 1972

Audiometria tonal limiar		Limiares auditivos dentro dos padrões de normalidade	Perda auditiva
	OD		
	OE		

Critérios de classificação: Tipo – Silman e Silverman, 1997; Grau – OMS, 2021; Configuração – Silman e Silverman, 1997

N e u r o ps i c o l o g ia		Adequado	Sugestivo de alteração
	Orientação temporo-espacial		
	Atenção		
	Percepção		
	Memória		
	Habilidades aritméticas		
	Linguagem		
	Praxias		
	Função executiva (resolução de problemas)		
Função executiva (fluência verbal)			

P300	POTENCIAL	VALORES OBTIDOS (ms)	VALORES DE REFERÊNCIA (ms)
	N1		83 a 135
	P2		137 a 194
	N2		188 a 231
	P300 (17 a 30 anos)		225 a 365
	P300 (30 a 50 anos)		290 a 380
P300 (50 a 70 anos)		350 a 427	

Critério de classificação: MCPerson, 1996

ANEXOS

Anexo I. Resolução 10/2020 de 04 de junho de 2020, do curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da UFMG

**Resolução 10/2020 de 04 de junho de 2020**

*Regulamenta o formato de dissertações do
Curso de Pós-Graduação em Ciências
Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina
da UFMG*

O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas, no uso de suas atribuições, e considerando a necessidade de regulamentar o formato das dissertações do Programa, **RESOLVE:**

Art. 1º A dissertação poderá ser elaborada no formato convencional e no formato de artigo.

Parágrafo único - O formato de artigo é considerado preferencial pelo colegiado do Programa.

Art. 2º O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas propõe o seguinte roteiro para elaboração da dissertação no formato de artigo:

1. Capa
2. Folha de Rosto
3. Folha da Instituição
4. Declaração de Defesa
5. Resumo da dissertação/Descritores (1300 palavras/3 a 5 descritores)
6. Abstract/Keywords
7. Sumário
8. Introdução ou considerações iniciais: duas a três páginas com breve fundamentação teórica e/ou contextualização do tema cujos resultados serão apresentados sob formato de artigo ou artigos;
9. Objetivos: redigido da forma convencional (uma ou duas páginas);
10. Métodos: redigido da forma convencional e detalhado (se necessário);
11. Resultados e discussão: sob a forma de artigo ou artigos;
12. Conclusão ou considerações finais: até cinco páginas.
13. Anexos/Apêndices

Art. 3º O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas propõe o seguinte roteiro para elaboração da dissertação no formato convencional:

1. Folha de Rosto
2. Folha da Instituição

Centro de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina - UFMG (CPG)

Av. Professor Alfredo Balena, 190 - sala 533 - Centro
CEP 30130100 - Belo Horizonte - MG - Brasil
cpg@medicina.ufmg.br | tel: +55 31 3409 9641

medicina.ufmg.br



3. Declaração de Defesa
4. Resumo da dissertação/Descritores (1300 palavras/3 a 5 descritores)
5. Abstract/Keywords
6. Sumário
7. Introdução;
8. Referencial teórico;
9. Objetivos;
10. Métodos;
11. Resultados;
12. Discussão;
13. Conclusão;
14. Referências bibliográficas;
15. Anexos/Apêndices.

Art. 4º - Outros aspectos de formatação:

I. Referências bibliográficas: serão apresentadas após cada sessão da dissertação de acordo com as normas de Vancouver e conforme as recomendações específicas de cada periódico para os quais os artigos serão submetidos.

II. A dissertação de mestrado poderá conter os textos escritos na língua inglesa, de acordo com esta resolução.

Art. 5º. Os casos omissos serão decididos pelo Colegiado de Pós-Graduação.

Art. 6º. Esta Resolução entra em vigor na data de sua aprovação.

Art. 7º. Ficam revogadas todas as disposições em contrário, em especial a Resolução 01/2014.

Resolução aprovada pelo Colegiado do Programa em 04 de junho de 2020.

Resolução aprovada pela Câmara de Pós-Graduação em 15/03/2021.

Profa. Profa. Sirley Alves da Silva Carvalho

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas

Centro de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina - UFMG (CPG)

Av. Professor Alfredo Balena, 190 - sala 533 - Centro
CEP 30130100 - Belo Horizonte - MG - Brasil
cpg@medicina.ufmg.br | tel: +55 31 3409 9641

medicina.ufmg.br

Anexo II. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DA EMENDA**

Título da Pesquisa: Auto percepção de habilidades do processamento auditivo em estudantes do ensino superior e impacto no desempenho acadêmico

Pesquisador: Luciana Macedo de Resende

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 37605314.5.0000.5149

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.470.575

Apresentação do Projeto:

O objetivo do estudo é verificar e descrever a incidência de queixas e dificuldades relacionadas ao processamento auditivo em jovens adultos. A justificativa para a emenda é a inclusão de pesquisadora para ampliação e continuidade do projeto com mudança em alguns procedimentos. O projeto incluirá uma estudante de mestrado e outra de doutorado em Ciências Fonoaudiológicas. A hipótese com que trabalham é que estudantes do ensino superior apresentam queixas em habilidades do processamento auditivo, relacionadas a dificuldades de concentração, memória, planejamento e aprendizagem em ambiente acadêmico impactando negativamente seu desempenho escolar. Há percepção dos estudantes quanto a estas queixas e dificuldades e estas podem ser mensuradas.

A emenda indica que os testes de avaliação auditiva (padrão ouro) serão ampliados, de forma que os resultados da escala EAPAC possam ser relacionados com todos os processos auditivos.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do estudo é verificar e descrever a incidência de queixas e dificuldades relacionadas ao processamento auditivo em jovens adultos.

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.470.575

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

No TCLE estão descritos os objetivos conforme nova perspectiva da pesquisa e os riscos estão incluídos no novo TCLE.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Há alteração na metodologia para ampliação dos objetivos da pesquisa. Os riscos associados a estas alterações foram modificadas no TCLE.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos da emenda estão adequados e novo TCLE está apresentado.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprova-se a emenda da pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_2191880_E2.pdf	04/09/2023 08:21:01		Aceito
Outros	Adendo.pdf	04/09/2023 08:18:11	BRUNA STEFANIE PEREIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	04/09/2023 08:17:58	BRUNA STEFANIE PEREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	04/09/2023 08:17:34	BRUNA STEFANIE PEREIRA	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA DE ROSTO.pdf	14/10/2014 20:17:15		Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 6.470.575

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELO HORIZONTE, 30 de Outubro de 2023

Assinado por:
Corinne Davis Rodrigues
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II **CEP:** 31.270-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 **E-mail:** coep@prpq.ufmg.br

Anexo III. Escala de Autopercepção de Habilidades do Processamento Auditivo Central (EAPAC) – (Abreu et al, 2022)

Apêndice 1 Descrição das questões da primeira versão da Escala de Autopercepção de Habilidades do Processamento Auditivo Central - EAPAC

Sigla	Descrição
Q1	Você acredita ter problemas na detecção do estímulo acústico (som em geral, fala ou outros sons)?
Q2	Você acredita ter problemas na localização e lateralização da fonte sonora (saber de onde chamam quando à distância, por exemplo)?
Q3	Você acredita ter problemas no reconhecimento do estímulo acústico (sons em geral)?
Q4	Você acredita ter problemas na discriminação do estímulo acústico (diferenciar sons da fala, por exemplo ouvir S e Z)?
Q5	Você acredita ter problemas na atenção seletiva e sustentada do estímulo acústico (ouvir e entender a fala do professor, mesmo que haja outras conversas na sala ou ruído externo, por exemplo)?
Q6	Você acredita ter problemas de memória de curta duração relacionados ao estímulo acústico (lembrar-se de coisas que apenas ouviu, como textos curtos, uma aula, por exemplo)?
Q7	Você acredita ter dificuldades para perceber os sons no tempo? Por exemplo, entender alguém que fala muito rápido ou que articula as palavras sem clareza.
Q8	Você acredita ter dificuldades para ouvir e entender a fala em situações ruidosas? Por exemplo, conversando no ponto de ônibus, em restaurantes etc.
Q9	Você apresenta ou já apresentou dificuldades acadêmicas relacionadas à concentração em algum momento do seu curso superior?
Q10	Você apresenta ou já apresentou dificuldades acadêmicas relacionadas à memória em algum momento do seu curso superior?
Q11	Você apresenta ou já apresentou dificuldades acadêmicas relacionadas a planejamento em algum momento do seu curso superior?
Q12	Você apresenta ou já apresentou dificuldades acadêmicas relacionadas à aprendizagem em algum momento do seu curso superior?
Q13	Você já ingeriu ou ingere bebida alcoólica?
Q14	Você já fez ou faz uso de entorpecentes (maconha, crack e cocaína)?
Q15	Você faz uso de medicamentos ou fez uso por um período prolongado?
Q16	Você apresenta algum transtorno neurológico ou psiquiátrico (demência, doença encéfalo-vascular, hemiplegias ou paraplegias, meningite, neuropatia periférica, paralisia facial, ou aprendizagem, atenção e hiperatividade, comportamento, humor, ansiedade, psicose, conduta)?
Q17	Você apresenta algum sintoma neurológico ou psiquiátrico (cefaleia, tontura, vertigem, desmaio, convulsão, outros)?
Q18	Você dorme em média 8 horas por noite?
Q19	Você considera que seu sono é satisfatório?
Q20	Você se alimenta diariamente com 3 ou mais alimentos de grupos alimentares diferentes?
Q21	Você fez o ensino médio:

Anexo IV. Critério de classificação na Imitanciometria contido no Guia de Orientação na Avaliação Audiológica

Critério de classificação da Imitanciometria (Jerger, Jerger e Mauldin, 1972)		
Curva	Definição	Referência
Tipo A	Mobilidade normal do sistema tímpano-ossicular	Volume: 0,30ml a 1,65ml Pressão: 0 daPa a -100 daPa
Tipo Ar	Baixa mobilidade do sistema tímpano-ossicular	Volume: < 0,30ml Pressão: 0daPa a -100daPa
Tipo Ad	Hipermobilidade do sistema tímpano-ossicular	Volume: > 1,65ml Pressão: 0 daPa a -100 daPa
Tipo B	Ausência de mobilidade do sistema tímpano-ossicular	Sem pico
Tipo C	Pico deslocado para pressão negativa	Volume: variável Pressão: < -100daPa

Anexo V. Critérios de classificação na Audiometria Tonal Limiar contidos no Guia de Orientação na Avaliação Audiológica

Critério de classificação do tipo de perda auditiva (Silman e Silverman, 1997)	
Tipo de perda	Características
Perda auditiva condutiva	Limiares de via óssea menores ou iguais a 15 dB NA e limiares de via aérea maiores que 25 dB NA, com gap aéreo-ósseo maior ou igual a 15 dB
Perda auditiva neurossensorial	Limiares de via óssea maiores do que 15 dB NA e limiares de via aérea maiores que 25 dB NA, com gap aéreo-ósseo de até 10 dB
Perda auditiva mista	Limiares de via óssea maiores do que 15 dB NA e limiares de via aérea maiores que 25 dB NA, com gap aéreo-ósseo maior do que 10 dB
Critério de classificação do grau de perda auditiva (OMS, 2021)	
Grau de perda auditiva	Média tonal de 500Hz, 1kHz, 2kHz e 4kHz
Audição normal	Menor qu 20dB
Perda auditiva de grau leve	20 a < 35dB
Perda auditiva de grau moderado	35 a < 50dB
Perda auditiva de grau moderadamente severo	50 a < 65dB
Perda auditiva de grau severo	65 a < 80dB
Perda auditiva de grau profundo	80 a < 95dB
Perda auditiva completa/surdo	≥ 95dB
Perda auditiva unilateral	< 20dB na melhor orelha e ≥ 35dB na pior orelha