

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Programa de Pós-Graduação em Neurociências**

Marcos Vinícius de Paula Rosa

**UM ESTUDO SOBRE PADRÕES DE ATIVAÇÃO CEREBRAL DURANTE**  
**ATIVIDADES DE PENSAMENTO CRÍTICO**

Belo Horizonte

2023

Marcos Vinícius de Paula Rosa

**UM ESTUDO SOBRE PADRÕES DE ATIVAÇÃO CEREBRAL DURANTE  
ATIVIDADES DE PENSAMENTO CRÍTICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Neurociências da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Neurociências.

Orientadora: Prof. Dra. Carmen Flores-Mendoza (Depto de Psicologia).

Coorientador: Prof. Dr. Hani Camille Yehia (Depto de Engenharia Eletrônica).

Belo Horizonte

2023

043

Rosa, Marcos Vinicius de Paula.

Um estudo sobre padrões de ativação cerebral durante atividades de pensamento crítico [manuscrito] / Marcos Vinicius de Paula Rosa. – 2023. 166 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Prof. Dra. Carmen Flores Mendoza. Coorientador: Prof. Dr. Hani Camille Yehia.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Neurociências.

1. Neurociências. 2. Pensamento. 3. Testes de Inteligência. 4. Eletroencefalografia. I. Prado, Carmen Elvira Flores Mendoza. II. Yehia, Hani Camille. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 612.8



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

**ATA DE DEFESA DE TESE DO ALUNO**  
**MARCOS VINICIUS DE PAULA ROSA**

Realizou-se, no dia 13 de dezembro de 2023, às 08:30 horas, Bloco J2 Sala 222 - ICB, da Universidade Federal de Minas Gerais, a 106ª defesa de tese, intitulada "*Um Estudo Sobre Padrões de Ativação Cerebral Durante Atividades de Pensamento Crítico*", apresentada por MARCOS VINICIUS DE PAULA ROSA, número de registro 2018754046, graduado no curso de ENGENHARIA ELÉTRICA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em NEUROCIÊNCIAS, à seguinte Comissão Examinadora: Profa. Carmen Elvira Flores Mendoza Prado - Orientadora (UFMG), Prof. Hani Camille Yehia - Coorientador (UFMG), Prof. Carlos Magno Machado Dias (UFMG), Prof. José Aparecido da Silva (USP/RP), Profa. Juliana Carvalho Tavares (UFMG), Profa. Adrielle de Carvalho Santana (UFOP). O Prof. Danilo Melges (UFMG), que também deveria compor a Comissão Examinadora, não pôde comparecer por motivos de saúde.

A Comissão considerou a tese:

( X ) Aprovada

( ) Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 13 de dezembro de 2023.

Carlos Magno Machado Dias - Secretário

Assinatura dos membros da banca examinadora:

Profa. Carmen Elvira Flores Mendoza Prado ( Doutora )

Prof. Carlos Magno Machado Dias ( Doutor )

Prof. Hani Camille Yehia ( Doutor )

Prof. José Aparecido da Silva ( Doutor )

Profa. Juliana Carvalho Tavares ( Doutora )

Profa. Adrielle de Carvalho Santana ( Doutora )



Documento assinado eletronicamente por **José Aparecido da Silva, Usuário Externo**, em 13/12/2023, às 13:17, 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 **Adrielle de Carvalho Santana, Usuário Externo**, em 13/12/2023, às 18:07, 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 **Carmen Elvira Flores Mendoza Prado, Professora do Magistério Superior**, em 14/12/2023, às 09:03, 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 **Hani Camille Yehia, Professor do Magistério Superior**, em 14/12/2023, às 16:58, 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 **Juliana Carvalho Tavares, Professora do Magistério Superior**, em 21/12/2023, às 17:16, 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 **Carlos Magno Machado Dias, Membro**, em 28/12/2023, às 15:39, 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](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2882031** e o código CRC **B2AD592B**.

Referência: Processo nº 23072.275884/2023-19 SEI nº 2882031

## **AGRADECIMENTOS**

À professora Carmen Flores (UFMG), minha orientadora, que mais uma vez me proporcionou a oportunidade de realizar um trabalho explorando temas que eu ainda não conhecia e que pareciam, num primeiro momento, impraticáveis. Agradeço pela paciência, pelo aprendizado, pelo apoio e pela confiança depositada em mim.

Ao professor Hani Yehia (UFMG), meu coorientador, pelo apoio com seu conhecimento, pela disponibilidade ímpar, pelo incentivo e pelo suporte e ajuda fundamentais nas aquisições de EEG, essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

Às colegas do LADI, Gabriela Anunciação, Graciane Jardim, Juliana Apolinário, Karen Saviotti, Laura Ludgero, pela ajuda e suporte em diversas fases do trabalho.

À colega Flávia Estevan, pela disponibilidade e ajuda prestadas.

Aos colegas do CEFALA, principalmente a Michelle Diniz, pela ajuda.

Aos professores Marcela Darley e Daniel Marcos, pela assistência prestada.

À Luciana Braga, pela colaboração fundamental, incentivo, compreensão e paciência.

Este trabalho não teria sido concluído sem a sua valiosa ajuda.

Aos colaboradores da secretaria da pós-graduação, especialmente ao Carlos Magno.

À professora Paula Scalzo, pela disponibilidade e assistência prestadas.

Aos professores Adrielle Santana (UFOP), Carlos Magno (UFMG), José Aparecido (USP) e Juliana Tavares (UFMG), participantes da banca de defesa, que prestaram contribuições valiosas à versão final desta tese.

Aos meus irmãos e irmãs, pelo exemplo de suas vidas acadêmicas, por toda colaboração recebida, pelo incentivo e pelo interesse neste estudo. O apoio que recebi de vocês foi fundamental para superar todas as dificuldades.

Aos meus saudosos pais, Lia e Mércio, que sempre apoiaram meu desenvolvimento pessoal e incentivaram a busca pelo conhecimento. Sou grato a ambos pelos exemplos que deixaram como profissionais. Agradeço por tudo.

Aos 360 participantes dos três estudos contidos nesta tese, pela disponibilidade e interesse no trabalho realizado.

Muito obrigado a todos!

## RESUMO

A literatura define o Pensamento Crítico (PC) como a capacidade de avaliar argumentos e formar julgamentos objetivos com base em razões e evidências sólidas. Sua relevância é amplamente respaldada pela literatura dada sua importância nos contextos acadêmico, profissional, pessoal e social dos indivíduos. Se desconhece se há diferenças de desempenho em PC de indivíduos que se engajam em diferentes saberes. Portanto, o presente estudo tem como objetivo principal investigar as diferenças de desempenho em teste de PC entre indivíduos universitários de áreas de conhecimento distintas. Os objetivos específicos incluem: (a) desenvolver um instrumento de avaliação do PC em língua portuguesa falada no Brasil; (b) investigar a relação entre o PC e as inteligências fluida (*gf*) e cristalizada (*gc*); (c) determinar qual o maior preditor do Teste de Avaliação de Pensamento Crítico (TAPC); (d) explorar, por meio de eletroencefalograma (EEG), as características de ativação do córtex cerebral relacionadas às ondas Theta, Alpha e Beta em indivíduos com alto e baixo desempenho no teste de PC. Amostra: Participantes de três grupos de saberes compuseram o estudo: Grupo 1, Ciências Biológicas; Grupo 2, Ciências Exatas; e Grupo 3, Ciências Humanas. A média de idade foi 26,2 anos; DP = 10,3, sendo 47,4% mulheres e 52,6% homens. Instrumentos: Foram aplicados à amostra total os testes TAPC (PC), o teste do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) (*gc*) e o teste de raciocínio abstrato B1 (*gf*). Parte dessa amostra foi submetida a EEG. Resultados: Se encontrou que: (1) o grupo de Exatas obteve um desempenho superior no TAPC em comparação com os outros dois grupos ( $p < 0,05$ ); (2) houve correlação positiva e significativa entre os testes TAPC e PISA ( $r = 0,36$ ;  $p < 0,05$ ); e (3) o teste PISA (*gc*) foi o melhor preditor do PC segundo indicou a análise de regressão linear. Finalmente os resultados de EEG mostraram diferenças de Coerência EEG entre os grupos de Alto e Baixo desempenho no TAPC, principalmente para as faixas Alpha e Theta. O presente estudo revelou resultados inovadores no contexto acadêmico brasileiro com o potencial de contribuir significativamente para a avaliação e compreensão do Pensamento Crítico (PC).

Palavras-chave: Pensamento crítico. Áreas do saber. Inteligência cristalizada. EEG. Brasil.

## ABSTRACT

The literature defines Critical Thinking (CT) as the ability to evaluate arguments and form objective judgments based on solid reasons and evidence. Its relevance is widely supported by the literature due to its importance in academic, professional, personal, and social contexts. It is unknown whether there are performance differences in CT among individuals engaged in different fields of knowledge. Therefore, the present study aims to investigate the performance differences in a CT test among university students from different areas of knowledge. The specific objectives include: (a) developing an assessment instrument for CT in the Portuguese language spoken in Brazil; (b) investigating the relationship between CT and fluid (*gf*) and crystallized (*gc*) intelligences; (c) determining the best predictor of the Test for Critical Thinking Assessment (TCTA); (d) exploring, through electroencephalography (EEG), the characteristics of brain cortex activation related to Theta, Alpha, and Beta waves in individuals with high and low performance in the CT test. Sample: Participants from three knowledge groups comprised the study: Group 1, Biological Sciences; Group 2, STEM; and Group 3, Humanities. The average age was 26.2 years; SD = 10.3, with 47.4% women and 52.6% men. Instruments: The TAPC (CT), Programme for International Student Assessment (PISA) test (*gc*), and abstract reasoning test B1 (*gf*) were administered to the entire sample. A part of this sample underwent EEG. Results: It was found that: (1) the STEM group performed better on the TCTA compared to the other two groups ( $p < 0.05$ ); (2) there was a positive and significant correlation between the TCTA and PISA tests ( $r = 0.36$ ;  $p < 0.05$ ); and (3) the PISA test (*gc*) was the best predictor of CT, as indicated by the linear regression analysis. Finally, the EEG results showed differences in EEG Coherence between the High and Low performance groups on the TCTA, especially for the Alpha and Theta bands. This study revealed innovative results in the Brazilian academic context with the potential to significantly contribute to the assessment and understanding of Critical Thinking (CT).

Keywords: Critical thinking. Areas of knowledge. Crystallized intelligence. EEG. Brazil.



## LISTA DE FIGURAS

### INTRODUÇÃO

Figura 1 - Estrutura Hierárquica da Inteligência (por John B. Carroll) .....23

### ESTUDO PRELIMINAR - Desenvolvimento e validação do teste TAPC

Figura 1 - Gráfico Wright - Modelo de Rasch para TRI .....62

### ESTUDO PRINCIPAL - Diferenças de grupo no TAPC (Estatísticas e EEG)

Figura 1 - Sistema Internacional 10-20 com a distribuição dos eletrodos .....72

Figura 2 - Sinais senoidais em fase e defasados .....74

Figura 3 - Histograma das pontuações do TAPC por grupos estudados .....84

Figura 4 - Perfis das médias do TAPC por grupos estudados .....85

Figura 5 - Dispersão TAPC x PISA por grupos de ciências exatas e humanas .....90

Figura 6 - Coerência EEG - grupos de alto e de baixo desempenho. Aquisições: em repouso .....92

Figura 7 - Coerência EEG - grupos de alto e de baixo desempenho. Aquisições: item 2 TAPC.....94

Figura 8 - Coerência EEG - grupos feminino e masculino de alto desempenho. Aquisições: em repouso .....99

Figura 9 - Coerência EEG - grupos feminino e masculino de alto desempenho. Aquisições: item 2 TAPC.....101

Figura 10 - Coerência EEG - grupos femininos de alto e de baixo desempenho. Aquisições: em repouso .....103

Figura 11 - Coerência EEG - grupos femininos de alto e de baixo desempenho. Aquisições: item 2 TAPC.....104

Figura 12 - Coerência EEG - Grupos feminino e masculino. Aquisições: em repouso .....106

Figura 13 - Coerência EEG para grupos feminino e masculino. Aquisições: item 2 TAPC.....108

### APÊNDICE S - ESTUDO PILOTO

Figura 1 - Espectro de potência PSD – Referência: em repouso .....160

Figura 2 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: em repouso .....161

Figura 3 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 1 TAPC .....162

Figura 4 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 2 TAPC .....162

Figura 5 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 3 TAPC .....	163
Figura 6 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 4 TAPC .....	163
Figura 7 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 5 TAPC .....	164

## LISTA DE TABELAS

### **ESTUDO PRELIMINAR - Desenvolvimento e validação do teste TAPC**

Tabela 1 - Perfil da amostra do estudo de validação do TAPC.....	50
Tabela 2 - Análises de concordâncias Kappa e Kappa de Fleiss.....	57
Tabela 3 - Distribuição dos pontos do TAPC .....	57
Tabela 4 - Estatística descritiva dos resultados dos testes TAPC e G-38.....	58
Tabela 5 - Matriz de correlações Q3 - Itens TAPC.....	60
Tabela 6 - Estatísticas dos itens do TAPC: Modelo de Rasch .....	61

### **ESTUDO PRINCIPAL - Diferenças de grupo no TAPC: estatísticas e EEG**

Tabela 1 - Cálculo amostral para o Estudo Principal.....	65
Tabela 2 - Perfil básico dos participantes.....	66
Tabela 3 - Descrição dos grupos do estudo.....	67
Tabela 4 - Participantes das aquisições de EEG. ....	67
Tabela 5 - Características técnicas do BWII EEG.....	71
Tabela 6 - Participantes das aquisições de EEG .....	80
Tabela 7 - Estatísticas descritivas - testes TAPC, PISA e B1. ....	82
Tabela 8 - Estatísticas descritivas - TAPC, PISA e B1, por áreas estudadas .....	84
Tabela 9 – Coeficientes de correlações entre TAPC, PISA e B1 .....	86
Tabela 10 - Estatísticas descritivas do TAPC, por sexo dos participantes.....	87
Tabela 11 - Estatísticas descritivas do TAPC por áreas de Exatas e Humanas, bem como por sexo.....	87

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\mu\text{V}$	Microvolt
AA	Análise de argumento
AACN	American Association of Colleges of Nursing
AAU	Association of American Universities
AEP	Average Evoked Potential
AMA	American Management Association
ATFR	Arlin Test of Formal Reasoning
AVC	Acidente vascular cerebral
C	Central
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CB	Ciências Biológicas
CCTDI	California Critical Thinking Disposition Inventory
CCTT	Cornell Critical Thinking Test
CE	Ciências Exatas
CEFALA	Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música
CH	Ciências Humanas
Coh	Coerência
CT	Critical Thinking
CTAT	Critical Thinking Assessment Test
D.P.	Desvio Padrão
EEG	Eletroencefalograma
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EOG	Eletrooculograma
ERP	Event-related potential
EUA	Estados Unidos da América
F	Frontal
Fem.	Feminino
fMRI	Functional magnetic resonance imaging
Fp	Pré-frontal
FT	Fourier transform
g	Inteligência geral
G-38	Teste não verbal de inteligência
gc	Inteligência cristalizada
gf	Inteligência fluida
GND	Ground (aterramento)
GPA	Grade point average
gr	Capacidade ampla de recuperação
GRE	Graduate Record Examinations
gs	Capacidade cognitiva ampla
gt	Velocidade de processamento de informações
gu	Capacidade ampla auditiva
gv	Capacidade ampla de visão
HCTA	Halpern Critical Thinking Assessment

HSRT	Health Sciences Reasoning Test
Hz	Hertz
ICA	Independent Component Analysis
IIME	Institute for International Medical Education
k	Concordância Kappa
LADI	Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais
Masc.	Masculino
MATLAB	MATrix LABoratory
Máx.	Máximo
MEC	Ministério da Educação
MEG	Magnetoencefalografia
Mín.	Mínimo
MRI	Magnetic resonance imaging
MΩ	Megaohms
N	Tamanho da amostra
O	Occipital
OCDE	Organisation for Economic Co-operation and Development
PC	Pensamento Crítico
PET	Positron Emission Tomography
P-FIT	Parieto-Frontal Integration Theory
PI	Probabilidade e incerteza
PISA	Programme for International Student Assessment
PSD	Power spectral density
QI	Quociente de Inteligência
r	Correlação de Pearson
REF	Referência
RV	Raciocínio verbal
SAT	Standardized college admission test
SNC	Sistema nervoso central
SOAP	Structured Observation and Assessment of Practice
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics
T	Temporal
TAPC	Teste para Avaliação de Pensamento Crítico
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDRP	Tomada de decisão e resolução de problemas
TH	Teste de hipóteses
TRI	Teoria de Resposta ao Item
UC	University of California
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
USC	<i>University of Southern California</i>
USP	Universidade de São Paulo
WAIS	Wechsler Adult Intelligence Scale
WGCTA	Watson–Glaser II Critical Thinking Appraisal,
Z	Zero (plano sagital médio)
ρ	Correlação de Spearman

## APRESENTAÇÃO

A inteligência humana pode ser considerada um dos construtos mais investigados na história da psicologia. Após mais de um século de investigações, os pesquisadores parecem ter chegado ao consenso de que a inteligência é uma capacidade mental geral que, entre outras coisas, envolve a habilidade de raciocinar, planejar, resolver problemas, pensar de forma abstrata, compreender ideias complexas, aprender rapidamente e adquirir conhecimento com a experiência (Gottfredson, 1997a).

Medidas de QI se correlacionam com muitos resultados importantes, incluindo desempenho acadêmico, habilidades relacionadas ao trabalho (Hunter & Schmidt, 1996), menor probabilidade de comportamento criminoso, nível de escolaridade elevado, entre outros (Burhan et al., 2014; Kretzschmar et al., 2016).

Por outro lado, a maioria das teorias sobre inteligência raramente aborda a questão fundamental de saber se indivíduos altamente inteligentes conseguem efetivamente solucionar problemas no contexto do “mundo real”. Por exemplo, Grossmann et al. (2013) citaram estudos nos quais as pontuações de QI não previram o bem-estar, incluindo satisfação com a vida e longevidade. Usando uma amostra aleatória estratificada de cidadãos estadunidenses, esses pesquisadores descobriram que o “pensamento racional” está associado à satisfação com a vida e que não houve associação entre inteligência e bem-estar. O Pensamento Crítico (PC) é frequentemente referido como “pensamento racional”. Resultados semelhantes foram relatados por Wirthwein e Rost (2011), que compararam a satisfação com a vida em várias áreas para adultos superdotados e adultos com inteligência média. Não houve diferenças em nenhuma das medidas de bem-estar subjetivo, exceto no lazer, que foi significativamente menor para os adultos superdotados.

Uma série de experimentos conduzidos por Stanovich e West (2008) mostraram que os participantes com alto desempenho cognitivo eram tão propensos quanto os outros a endossar posições que eram consistentes com seus preconceitos e tinham igual probabilidade de preferir argumentos tendenciosos em detrimento daqueles que forneciam um argumento equilibrado (Halpern & Dunn, 2021).

Vivemos em uma era repleta de mudanças e desafios, o que implica uma série de requisitos que, embora complexos, são considerados fundamentais. Espera-se que

todos sejam capazes de compreender informações complexas, ambíguas e contraditórias; tomar decisões racionais e resolver problemas de forma eficaz; participar ativamente em uma sociedade democrática, onde é exigida uma posição informada e fundamentada, ou uma opinião embasada; ingressar e manter-se em um mercado de trabalho cada vez mais imprevisível e competitivo; atualizar habilidades e ser um aprendiz ao longo da vida, entre outras habilidades essenciais (Franco & Almeida, 2015).

No cenário atual, o PC assume um papel crucial. Sua relevância é amplamente respaldada pela literatura, apesar das várias definições que o descrevem e dos diversos modelos teóricos que o explicam. Há um notável consenso sobre a sua importância nos contextos acadêmico, profissional, pessoal e social. As habilidades e atitudes relacionadas ao PC estão intrinsecamente ligadas ao sucesso acadêmico. Em uma análise da literatura sobre o PC, um grupo de educadores no Reino Unido concluiu que a maioria dos estudos demonstra um impacto positivo no desempenho dos alunos em várias medidas extracurriculares (Halpern, 2013).

No mundo profissional, o PC é consistentemente citado como uma das competências mais desejadas pelas empresas (Brotherton, 2011; Weng, 2015). Conforme apontado pela *American Management Association* (AMA), a proficiência em leitura, escrita e aritmética tradicionalmente servia como o limiar de entrada no mercado de trabalho estadunidense. No entanto, as demandas evoluíram ao longo do tempo, exigindo que os profissionais desenvolvam habilidades adicionais, como o pensamento crítico, a resolução de problemas, a inovação, a colaboração e a comunicação eficaz para prosperar (American Management Association, 2010). De acordo com Halpern e Dunn (2021), mais de 1.000 gerentes de negócios e executivos afirmaram dar prioridade à contratação de funcionários capazes de pensar criticamente, acreditando que as habilidades de PC os ajudarão a resolver problemas relacionados ao trabalho.

A psicóloga estadunidense Diane Halpern destacou que os avanços na tecnologia e as mudanças nas habilidades necessárias no local de trabalho elevaram a importância da habilidade de PC a patamares sem precedentes. Evidências substanciais indicaram que muitos adultos frequentemente se envolviam em raciocínios inadequados que resultavam em consequências indesejadas (Halpern, 1998). Naquela época, diversos estudos já haviam demonstrado que o PC, definido

como a aplicação deliberada de habilidades e estratégias que aumentam a probabilidade de obter um resultado ou resposta desejável, poderia ser aprendido e aplicado em diversos contextos (Cheng & Nisbett, 1993; Kosonen & Winne, 1995; Perkins & Grotzer, 1997).

Além disso, ao contribuir para o sucesso acadêmico e profissional, o PC oferece vantagens significativas na esfera pessoal e social. De acordo com as pesquisas de Butler et al. (2012), um nível mais elevado de PC está associado a uma tomada de decisões mais ponderada, ou seja, decisões reflexivas que ajudam a evitar uma série de consequências negativas resultantes da imprudência ou impulsividade. As competências e atitudes que constituem o cerne do PC promovem uma postura ativa, participativa e ética por parte do indivíduo, o que o liga a um maior engajamento cívico (OCDE, 2015).

Outras evidências destacam a importância crucial de desenvolver habilidades de PC. O estudo realizado por Kosonen e Winne (1995) consistiu em três experimentos sobre o aprendizado de estatística, com participantes de diferentes níveis de educação e diferentes compreensões das regras inferenciais formais relacionadas ao raciocínio estatístico. Os resultados indicaram que instruções apropriadas, fundamentadas nas reflexões inerentes ao PC, auxiliaram os participantes a representar problemas cotidianos com maior precisão, utilizando heurísticas estatísticas. Os efeitos observados foram consistentes: em todos os casos, o raciocínio estatístico melhorou significativamente devido às instruções fornecidas.

Uma pesquisa conduzida pelo Laboratório de Opinião Pública da Universidade do Norte de Illinois, nos Estados Unidos da América (EUA), revelou que mais de 20% dos mais de 2.000 adultos entrevistados mantinham a crença equivocada de que o Sol girava em torno da Terra. É notável que a comunidade científica tenha chegado a um consenso sobre o fato científico fundamental de que a Terra gira em torno do Sol há mais de 400 anos. De forma surpreendente, ainda existem indivíduos que sustentam a crença de que a Terra é plana, apesar da abundância de dados provenientes de experimentos científicos ao longo do tempo que comprovam o contrário (Halpern, 2013).

No início da década de 2010, mais de 2,5 milhões de pessoas adquiriram a pulseira *Power Balance*, projetada com a promessa de “melhorar a energia, a flexibilidade e o equilíbrio geral da saúde” de seus usuários. A empresa responsável



pelo desenvolvimento da pulseira alegou que “a saúde ideal e o desempenho máximo ocorrem quando o corpo humano mantém um equilíbrio iônico e um fluxo de energia na frequência ideal”. Somente no ano de 2010, a empresa comercializou mais de 2,5 milhões de pulseiras a um custo unitário de US\$ 29.95. Posteriormente, após pressões do governo australiano para que apresentassem evidências que respaldassem suas alegações, a fabricante admitiu a ausência de embasamento científico que comprovasse os benefícios da pulseira e ofereceu reembolsos integrais aos clientes (DiSalvo, 2011). Este é apenas um exemplo entre inúmeros casos nos quais milhões de pessoas gastam dinheiro em produtos ou dispositivos sem utilidade comprovada. A ineficácia da pulseira foi corroborada por Currie et al. (2013).

Com o início da pandemia da Covid-19 no primeiro trimestre de 2020, a importância do pensamento crítico tornou-se notória, uma vez que surgiram casos de pessoas que perderam a vida devido à crença em rumores ou informações falsas. Isso ficou evidente com o incidente envolvendo iranianos que ingeriram metanol tóxico acreditando que esse líquido seria eficaz contra a Covid-19 (Saraiva, 2020; UOL, 2020). Esse exemplo ilustra de que forma o PC, ou a sua ausência, pode ter impactos significativos tanto a nível individual quanto na sociedade como um todo, ressaltando a crescente necessidade de sua aplicação.

Os “pensadores críticos” têm uma probabilidade maior de alcançar resultados desejáveis com sucesso, como fazer escolhas de carreira acertadas ou tomar decisões financeiras sólidas, em comparação com os “não críticos”, a longo prazo. O PC é deliberado, racional e orientado para objetivos. Ele está envolvido na resolução de problemas, na formulação de inferências, no cálculo de probabilidades e na tomada de decisões (Halpern, 1998). Indivíduos capazes de tomar decisões bem fundamentadas geralmente obtêm resultados melhores em diversos aspectos sociais e profissionais, tornando-se contribuintes ativos da sociedade em vez de dependerem dela (Facione, 2011).

Do ponto de vista biológico, o cérebro humano permaneceu essencialmente inalterado desde os primórdios da história moderna (Azevedo et al., 2009). No entanto, ao longo desse período, os seres humanos desenvolveram tecnologias avançadas que incluem a capacidade de explorar planetas distantes e mais do que dobraram a expectativa de vida média. O que efetivamente evoluiu ao longo do tempo foi a quantidade de informação absorvida pelo cérebro e o processamento cerebral

realizado. É a capacidade de aprender e pensar que tem transformado o mundo (Halpern, 2013).

Com base no conjunto de estudos e pesquisas mencionados anteriormente, este trabalho visa investigar a relação entre o PC e diferentes aspectos da inteligência geral, com foco na influência da inteligência fluida (*gf*) e da inteligência cristalizada (*gc*) no PC. Além disso, o estudo busca identificar qual é o melhor preditor (com a capacidade de prever) do PC e analisar as diferenças entre grupos de áreas de conhecimento distintas, considerando não apenas o desempenho, mas também as áreas cerebrais envolvidas nesse processo. Para isso, os próximos capítulos descrevem a introdução teórica, a delimitação do problema, os objetivos, o estudo preliminar e o estudo principal.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	21
1.1 A Inteligência .....	21
1.2 O Pensamento Crítico .....	25
1.2.1 O construto do Pensamento Crítico .....	28
1.2.2 Correlatos sociais do Pensamento Crítico.....	31
1.2.3 Avaliação do pensamento crítico .....	37
1.3 Desempenho Cognitivo e Eletroencefalograma (EEG) .....	39
<b>2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA</b> .....	46
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	48
3.1 Objetivo geral .....	48
3.2 Objetivos específicos .....	48
<b>4 ESTUDO PRELIMINAR: Desenvolvimento e validação do Teste para Avaliação do Pensamento Crítico (TAPC)</b> .....	49
4.1 Método .....	49
4.1.1 Participantes.....	49
4.1.1.1 Participantes da avaliação teórica .....	49
4.1.1.2 Participantes da validação por critério externo .....	49
4.1.2 Instrumentos.....	51
4.1.2.1 Itens do TAPC .....	51
4.1.2.2 Teste Não Verbal de Inteligência G-38 .....	51
4.1.3 Procedimento .....	52
4.1.3.1 Desenvolvimento dos itens do TAPC .....	52
4.1.3.2 Avaliação teórica – Avaliação de juízes (Fase 1).....	54
4.1.3.3 Validação por critério externo (Fase 2).....	55
4.2 Resultados e Discussão .....	56
4.3 Conclusão – Estudo Preliminar .....	64
<b>5 ESTUDO PRINCIPAL: Diferenças de grupo no TAPC: estatísticas e EEG</b> .....	65
5.1 Método .....	65
5.1.1 Participantes.....	65
5.1.2 Instrumentos e técnicas utilizados .....	68
5.1.2.1 TAPC - Teste para Avaliação de Pensamento Crítico.....	68
5.1.2.2 Itens PISA – para avaliação da inteligência cristalizada (gc).....	68
5.1.2.3 RG 136 - Forma B1 – para avaliação de raciocínio abstrato (gf) .....	69

5.1.2.4 Testable - Plataforma para aplicação de testes .....	70
5.1.2.5 Equipamento para eletroencefalograma.....	71
5.1.2.6 Brainstorm – Plataforma para tratamento de sinais de EEG .....	72
5.1.2.7 Técnica para processamento e análise estatística de sinal de EEG. ....	73
5.1.2.8 IBM SPSS Statistics .....	76
5.1.2.9 Microsoft Excel .....	76
5.1.2.10 Jamovi Software .....	76
5.1.2.11 Orange Data Mining.....	77
5.1.2.12 Notebooks .....	77
5.1.2.13 Ambiente para aplicação dos testes .....	77
5.1.3 Procedimento .....	77
5.1.3.1 Fase 1: Aplicação geral dos testes TAPC, PISA e B1 .....	78
5.1.3.2 Fase 2: Aplicação do TAPC com aquisição de EEG.....	79
5.1.3.3 Fase 3: Tratamento dos dados gerados pelas aplicações dos testes TAPC, PISA e B1 e das aquisições de EEG .....	81
5.2 Resultados e Discussão .....	82
5.2.1 Resultados das aplicações dos testes TAPC, PISA e B1 .....	82
5.2.2 Resultados obtidos por meio das aquisições de EEG .....	90
5.2.2.1 Grupos com alto e com baixo desempenho no TAPC .....	91
5.2.2.1.1 Aquisições durante estado de repouso.....	91
5.2.2.1.2 Aquisições durante aplicações do item 2 do TAPC. ....	94
5.2.2.2 Grupos Feminino e Masculino com Alto desempenho no TAPC .....	98
5.2.2.2.1 Aquisições durante estado de repouso.....	98
5.2.2.2.2 Aquisições durante aplicações do item 2 do TAPC. ....	100
5.2.2.3 Grupos Femininos de Alto e de Baixo desempenho no TAPC.....	102
5.2.2.3.1 Aquisições durante estado de repouso.....	102
5.2.2.3.2 Aquisições durante aplicações do item 2 do TAPC. ....	104
5.2.2.4 Grupos Feminino e Masculino (desconsiderando desempenho no TAPC) .	105
5.2.2.4.1 Aquisições durante estado de repouso.....	106
5.2.2.4.2 Aquisições durante aplicações do item 2 do TAPC. ....	107
5.3 Conclusão – Estudo Principal.....	110
<b>6 CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>112</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>115</b>
<b>APÊNDICE A – Itens TAPC de aplicação geral (N = 192).....</b>	<b>130</b>
<b>APÊNDICE B – Itens do teste TAPC para aquisições de EEG .....</b>	<b>133</b>

<b>APÊNDICE C – Itens PISA de aplicação geral (N = 192)</b> .....	135
<b>APÊNDICE D – Telas da plataforma Testable</b> .....	137
<b>APÊNDICE E – Aquisição de EEG com ciclo completo</b> .....	138
<b>APÊNDICE F – Parâmetros setup dos softwares BWII EEG e Brainstorm</b> .....	139
<b>APÊNDICE G – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 1 – TCLE 1</b> .....	141
<b>APÊNDICE H – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 2 – TCLE 2</b> .....	142
<b>APÊNDICE I – Folha de respostas PISA, TAPC e B1</b> .....	143
<b>APÊNDICE J – Perfil dos grupos das aquisições de EEG</b> .....	144
<b>APÊNDICE K – Valores de Coerência EEG para grupos de Alto e Baixo desempenho no TAPC. Aquisição: em repouso.</b> .....	145
<b>APÊNDICE L – Valores de Coerência EEG para grupos de Alto e Baixo desempenho no TAPC. Aquisição: aplicação do item 2 TAPC</b> .....	147
<b>APÊNDICE M – Valores de Coerência EEG para grupos Feminino e Masculino de alto desempenho. Aquisição: em Repouso</b> .....	148
<b>APÊNDICE N – Valores de Coerência EEG para grupos Feminino e Masculino de Alto desempenho. Aquisição: aplicação do item 2 TAPC.</b> .....	149
<b>APÊNDICE O – Valores de Coerência EEG para grupos Femininos de Alto e de Baixo desempenho. Aquisição: em repouso.</b> .....	150
<b>APÊNDICE P – Valores de Coerência EEG para grupos Femininos de Alto e de Baixo desempenho. Aquisição: aplicação do item 2 TAPC.</b> .....	152
<b>APÊNDICE Q – Valores Coerência EEG para grupos Feminino e Masculino. Aquisição: em repouso.</b> .....	153
<b>APÊNDICE R – Valores de Coerência EEG para grupos Feminino e Masculino. Aquisição: aplicação do item 2 TAPC.</b> .....	155
<b>APÊNDICE S – ESTUDO PILOTO: Aplicação de cinco itens do TAPC com aquisição de eletroencefalograma.</b> .....	156
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	156
<b>2 MÉTODO</b> .....	157
2.1 Participante .....	157
2.2 Instrumentos.....	157
2.3 Procedimento .....	157
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	160
<b>4 CONCLUSÃO – ESTUDO PILOTO</b> .....	165

## 1 INTRODUÇÃO

São abordados aspectos gerais da inteligência humana, incluindo teorias existentes, questões biológicas e sua importância ao longo da vida. Em seguida, são descritas teorias sobre o Pensamento Crítico, abrangendo seu construto, correlatos sociais e métodos de avaliação. Por fim, é discutido o vínculo entre desempenho cognitivo e eletroencefalograma.

### 1.1 A Inteligência

A natureza da inteligência humana tem sido discutida e debatida há séculos, remontando pelo menos ao tempo de Platão e Aristóteles. Uma razão para sua duradoura relevância é que o desenvolvimento de teorias e abordagens para o estudo da inteligência acompanha a história da psicologia: tem suas raízes na filosofia, passou por uma transição para métodos empíricos no final do Século XIX, viu o surgimento de teorias e medidas mais sofisticadas ao longo do Século XX e o desenvolvimento de abordagens e técnicas interdisciplinares nas últimas décadas (Kaufman et al., 2013).

Sir Francis Galton, um antropólogo inglês nascido em 1822, é conhecido por ser o primeiro a desenvolver uma teoria sobre a inteligência. No final do século XIX, ele propôs que a inteligência poderia ser compreendida em termos de habilidades psicomotoras elementares (Sternberg, 2013). Para Galton, a medição da inteligência deveria ser uma avaliação direta da base biológica de todas as atividades mentais responsáveis pelas diferenças individuais na capacidade de realizar tarefas cognitivas. Ou seja, a medição deveria ter uma natureza biológica. No entanto, seus testes não se mostraram preditivos para o desempenho escolar e outras formas significativas de desempenho cognitivo (Sternberg, 2013; Weinberg, 1989).

Ao longo do século XX, surgiram vários modelos teóricos sobre a estrutura da inteligência, incluindo os desenvolvidos por Charles E. Spearman, Raymond B. Cattell e John B. Carroll.

Charles E. Spearman concebeu sua teoria da inteligência como composta por dois grandes fatores, um denominado habilidade geral (fator *g*) e o outro denominado habilidade específica (fator *s*) (Da Silva, 2005). Sua teoria, elaborada no início do Século XX, ficou conhecida como a teoria dos dois fatores e indicava que todos os

testes cognitivos, independentemente de quais fossem, refletiam um fator *g* comum a todos os testes cognitivos e um fator *s* específico para cada teste particular. Mais tarde, Spearman observou que certos grupos de testes tinham outras fontes de variação em comum, denominadas fatores de grupo, além de *g* e *s*. Alguns desses fatores de grupo incluem habilidades verbais, numéricas e espaciais. Spearman enfatizou o fator *g* como explicativo da inteligência, embora reconhecesse que *g* não podia explicar toda a variação em uma matriz de escores de testes mentais (Da Silva, 2005).

O modelo elaborado por Raymond B. Cattell, criado na década de 1940, propôs a necessidade de diferenciar dois tipos de inteligência: inteligência fluida (*gf*) e inteligência cristalizada (*gc*). A *gf* se baseia nas capacidades básicas de raciocínio e nos processos mentais superiores e reflete a capacidade de adaptação a problemas ou situações novas, sem necessidade de experiências prévias, de aprendizado ou ajuda, pelo menos de forma decisiva (Pueyo, 2006).

Segundo McGrew (2009), a inteligência cristalizada (*gc*) pode ser definida como o conhecimento da cultura incorporado pelos indivíduos por meio de um processo de aculturação, abrangendo a amplitude e a profundidade do conhecimento adquirido por um indivíduo sobre a linguagem, informações e conceitos de uma cultura específica. Steger et al. (2019) demonstraram que a *gc* é extremamente abrangente, pois, além de incluir o conhecimento adquirido ao longo das diferentes fases das carreiras educacionais e profissionais, também engloba o conhecimento profissional que um sujeito pode adquirir fora de sua profissão, como por meio de hobbies.

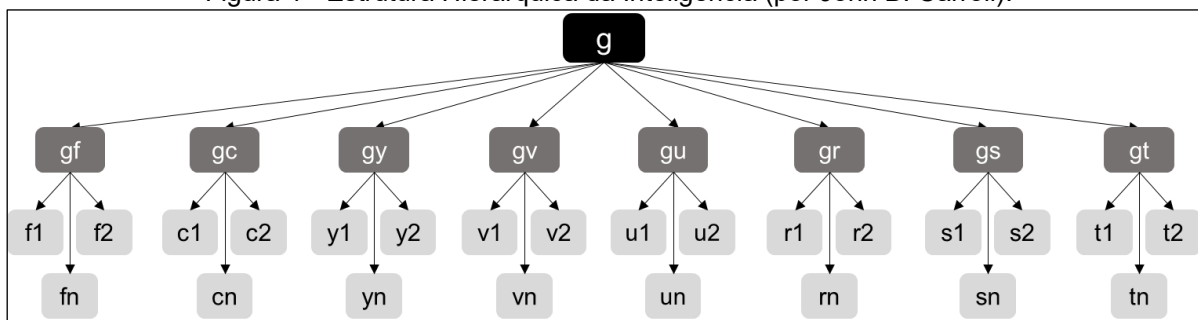
Pode-se dizer que a natureza da inteligência fluida (*gf*) é influenciada em maior medida pelo estado biológico do organismo do que a inteligência cristalizada (*gc*) (Pueyo, 2006). Tadayon et al. (2020) demonstraram que um desempenho superior em *gf* está correlacionado com a expansão cortical em regiões associadas à atenção, memória de trabalho e processamento visuoespacial. Por outro lado, a inteligência cristalizada (*gc*) está ligada a uma maior espessura da área de superfície cortical em redes relacionadas à linguagem. Kievit et al. (2016) encontraram fortes evidências de uma relação hierárquica entre *gf*, velocidade de processamento e a substância branca do cérebro (axônios e mielina).

John B. Carroll foi aquele que buscou integrar todas as investigações fatoriais da inteligência em um único modelo. O objetivo fundamental do trabalho de Carroll, publicado em 1993, foi reanalisar as principais contribuições empíricas para os

estudos da estrutura da inteligência (Pueyo, 2006). Seu trabalho, conhecido como “Teoria dos Três Estratos” e aceito pela grande maioria dos estudiosos, divide a estrutura da inteligência em três níveis.

De acordo com Deary (2020), no topo da hierarquia cognitiva, conhecida como 3º estrato (estrato superior), encontra-se a Inteligência geral (*g*). No 2º estrato (estrato intermediário), podem ser identificadas oito tipos distintos de habilidades mentais, incluindo a inteligência fluida (*gf*) e a inteligência cristalizada (*gc*), conceitos introduzidos por Cattell. Além dessas, destacam-se a memória e aprendizado (*gy*), a capacidade ampla de visão (*gv*), a capacidade ampla auditiva (*gu*), a capacidade ampla de recuperação (*gr*), a capacidade cognitiva ampla (*gs*) e a velocidade de processamento de informações (*gt*). No 1º estrato (estrato inferior), encontram-se habilidades mentais específicas, como os fatores ligados ao desempenho escolar, motivação e memória associativa. O modelo proposto por Carroll é descrito pela figura 1.

Figura 1 - Estrutura Hierárquica da Inteligência (por John B. Carroll).



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

De acordo com a psicóloga estadunidense Linda Gottfredson, a inteligência não se limita apenas ao aprendizado por meio da leitura ou a uma habilidade acadêmica específica. Ela reflete uma capacidade mais ampla e profunda para compreender nossos ambientes, entender o significado do que acontece ao nosso redor e descobrir o que fazer em diferentes situações (Gottfredson, 1997a).

Reconhece-se, por meio de pesquisas, revisões e estudos acumulados ao longo dos anos, que a inteligência está relacionada a mais de sessenta fenômenos sociais, como desempenho escolar, nível de escolaridade, renda mensal, status ocupacional, saúde geral e longevidade, desempenho no trabalho, estabilidade emocional, criminalidade, uso de drogas, comportamento sexual de risco e risco de acidentes, entre outros (Da Silva et al., 2012; Gottfredson, 1997b; Strenze, 2007).



Portanto, é razoável esperar que o Pensamento Crítico seja também um dos construtos moderadamente relacionados à inteligência, com um impacto igualmente relevante na vida das pessoas.

Neste sentido, Halpern e Dunn (2021) apresentaram uma definição de inteligência que aborda de forma direta a questão da inteligência e sua aplicação na resolução de problemas do “mundo real”, como proposta por Nickerson (2020). Segundo essa definição, a inteligência é a capacidade de aprender, raciocinar de maneira eficaz, resolver desafios inéditos e lidar de forma competente com problemas frequentemente imprevisíveis que surgem no dia a dia. Essa concepção inclui explicitamente a capacidade de encontrar soluções para problemas do “mundo real”.

O modelo de inteligência, conforme descrito pelas autoras, é composto por dois componentes: (1) compreensão profunda e significativa das informações e (2) aplicação adequada das habilidades de pensamento crítico. A ideia subjacente é que as habilidades de PC podem ser identificadas, ensinadas e aprendidas, e quando são reconhecidas e aplicadas em contextos inovadores, o indivíduo demonstra “pensamento inteligente”.

Devido à abrangência da inteligência em todas as esferas da vida, a ciência comportamental direcionou seus esforços para descobrir as bases cerebrais subjacentes a essa capacidade. Nesse contexto, avanços tecnológicos, como a neuroimagem e a eletroencefalografia, têm permitido a identificação das regiões cerebrais envolvidas na inteligência e como essas regiões reagem a estímulos ambientais. A revisão conduzida por Gray e Thompson (2004), com base em estudos que empregaram eletroencefalograma (EEG) e imagem por ressonância magnética funcional (fMRI), revelou que os cérebros de indivíduos mais e menos inteligentes demonstram padrões de atividade distintos.

Também existe consenso de que a inteligência está diretamente relacionada à velocidade de processamento cerebral e à eficiência neural, que tem um impacto direto no volume de áreas corticais ativadas durante qualquer atividade cognitiva (Kievit et al., 2016). Vários estudos, como os de Conway et al. (2002) e Salthouse (1996), demonstraram que quanto maior a velocidade de processamento, maior é a inteligência. O mesmo pode ser dito em relação à eficiência neural. De acordo com Haier (2006), quanto maior a eficiência neural, maior é a inteligência.

A hipótese de eficiência neural postula uma função cerebral mais eficiente em indivíduos mais inteligentes, em comparação com indivíduos menos inteligentes. Essa

ideia é fundamentada em evidências empíricas que demonstram associações negativas entre a inteligência e a quantidade de ativação neural durante o desempenho de tarefas cognitivas. O trabalho pioneiro nesse contexto foi realizado por Haier et al. (1988), que mediu a taxa de metabolismo da glicose por meio de Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) nos cérebros de oito voluntários normais enquanto eles realizavam as matrizes progressivas avançadas de Raven (Grabner et al., 2004). A relação entre a eficiência neural e a inteligência também foi confirmada por Hilger et al. (2019) e Schultz e Cole (2016) em seus estudos utilizando ressonância magnética funcional (fMRI).

Outra hipótese amplamente aceita por estudiosos foi apresentada por Jung e Haier (2007), que conduziram uma revisão de 37 estudos de neuroimagem com o objetivo de “localizar” a inteligência no cérebro humano. A partir dessas revisões, surgiu a teoria da integração parietal-frontal (*Parieto-Frontal Integration Theory - P-FIT*), que enfatiza que a inteligência não está atribuída a um único centro no cérebro, mas, em vez disso, emerge de uma rede neural compreendida pelas regiões parietais e frontais do córtex, que são ativadas durante testes cognitivos. A P-FIT é considerada a abordagem mais abrangente para entender quais regiões cerebrais estão relacionadas à inteligência (Deary et al., 2010).

Karmiloff-Smith (2009) resumiu, indicando que a inteligência humana não é um estado, não é uma coleção de módulos estáticos transmitidos pela evolução e que podem estar intactos ou prejudicados. Ao invés disso, a inteligência humana é um processo, uma propriedade emergente de interações dinâmicas multidirecionais entre genes, cérebro, cognição, comportamento e ambiente.

## 1.2 O Pensamento Crítico

O pensamento crítico (PC) foi debatido por vários pensadores importantes, auxiliados por muitos outros que fizeram suas próprias contribuições. Não é incomum afirmar que Sócrates foi uma das principais influências para os estudiosos do PC, como o filósofo, psicólogo e educador estadunidense John Dewey. Dewey pode ser considerado o “pai” do PC moderno, que ele chamava de “pensamento reflexivo”. Na visão de Dewey, apresentada no início do século XX, o pensamento reflexivo seria formado pela consideração ativa, persistente e cuidadosa de uma crença ou de uma

suposta forma de conhecimento à luz dos fundamentos que a sustentam e das conclusões para as quais ela tende (Fisher, 2011).

Definindo o PC como um processo ativo, Dewey o contrapõe ao “pensamento irreflexivo”, que seria o tipo de pensamento no qual o sujeito apenas recebe ideias e informações de outro indivíduo ou de um fato qualquer, um processo passivo que gera uma determinada conclusão sem qualquer tipo de reflexão. Para Dewey, o PC é a forma de pensar, levantar questões, encontrar informações relevantes e chegar a conclusões por si próprio (Fisher, 2011).

Glaser (1941) definiu o PC como uma atitude de estar disposto a considerar, de uma maneira ponderada, os problemas e assuntos pertinentes à experiência de alguém, ter conhecimento dos métodos de investigação lógica e raciocínio, e ter alguma habilidade em aplicar esses métodos.

Norris e Ennis (1989) definiram o PC como um pensamento razoável e reflexivo que se concentra em decidir no que acreditar ou o que fazer. Nota-se que esta definição incluiu “decidir o que fazer”, ou seja, a tomada de decisão faz parte da concepção do PC.

Paul et al. (1993) mostraram que o PC é um modo de pensar, sobre qualquer assunto, conteúdo ou problema, com o qual o pensador melhora a qualidade do seu próprio pensamento assumindo as estruturas inerentes ao mesmo e impondo-lhe padrões intelectuais. Esta definição apresenta um ponto sobre o PC que a maioria dos estudiosos parece concordar: que o meio realista de desenvolver o PC é o “pensar sobre o próprio pensamento, ou sobre o pensamento de outros indivíduos, e conscientemente aperfeiçoá-lo” (Fisher, 2011).

Para Fisher e Scriven (1997), o PC é uma competência acadêmica semelhante à leitura e à escrita, e possui a mesma e fundamental importância. Os autores definem o PC como a interpretação e avaliação ativas e qualificadas de observações, comunicações, informações e argumentações.

Finn (2011) apontou que o PC retrata a capacidade e a vontade de avaliar reivindicações e fazer julgamentos objetivos com base em razões e evidências bem fundamentadas, ao invés de se basear em emoção ou anedota. Pensadores críticos são capazes de procurar falhas nos argumentos e resistir a alegações que não têm suporte. O PC, no entanto, não é apenas pensamento reativo. Inclui a capacidade de ser criativo e construtivo, a capacidade de apresentar explicações alternativas para os

eventos, pensar nas implicações dos resultados da pesquisa e aplicar novos conhecimentos aos problemas sociais e pessoais.

Halpern e Dunn (2021) definiram o PC como o uso deliberado de conhecimento e estratégias cognitivas destinadas a aumentar a probabilidade de alcançar um resultado desejado. Refere-se a um tipo de pensamento intencional, bem fundamentado e orientado para objetivos, que se manifesta na resolução de problemas, na formulação de inferências, no cálculo de probabilidades e na tomada de decisões. Esse tipo de pensamento se torna evidente quando o indivíduo aplica habilidades ponderadas e eficazes que são apropriadas para o contexto e a natureza específica da tarefa em questão.

Percebe-se que as definições para o PC, propostas por psicólogos e outros estudiosos, tendem a ser semelhantes, com considerável sobreposição entre as definições.

Em uma revisão da literatura, Fischer et al. (2000) demonstraram que a maioria das definições para o PC inclui elementos como raciocínio/lógica, julgamento, metacognição, reflexão, questionamento e processos mentais. Também existe concordância quanto a outros aspectos fundamentais do PC, tais como o cuidado na análise e na elaboração de argumentos, a busca pela melhor fundamentação possível para sustentar ideias e cursos de ação, bem como o esforço e a disposição de ajustar a força das crenças de acordo com a qualidade das razões disponíveis para apoiá-las (Guzzo & do Rosário Lima, 2018).

Outros estudiosos apontam a questão comportamental como ponto fundamental para o PC. Ghadi (2012) indicou que o PC pode ser denominado como um processo cognitivo, um julgamento autorregulador intencional que possui dois componentes: habilidades cognitivas e motivação. O primeiro enfatiza a interpretação, análise, inferência, avaliação, explicação e autorregulação, enquanto o último refere-se principalmente à disposição para o PC. Além disso, é importante considerar as motivações, atitudes, valores e hábitos mentais que desempenham papéis-chave no “bom pensamento” e, em grande parte, são esses elementos que determinam se as pessoas usam suas habilidades de PC quando necessário.

De acordo com Siegel (2013, 1989), para ser um “pensador crítico” não é suficiente que alguém domine habilidades de avaliação de razões. É necessário, também, que exista uma inclinação para aplicar estas habilidades à maior variedade de problemas, ideias e decisões possíveis. Este componente, que Siegel define como

“espírito crítico”, inclui disposições, atitudes, hábitos mentais e traços de caráter que devem ser características dos pensadores críticos.

O trabalho realizado por Butler et al. (2017), que teve como objetivo explorar as contribuições relativas da capacidade de PC e da inteligência para a previsão de resultados reais, apresentou duas hipóteses:

- a. se a habilidade de PC seria um melhor preditor de comportamentos da “vida real” do que os escores de QI;
- b. se a combinação dessas duas medidas seria um preditor melhor do que qualquer uma delas sozinha.

Os resultados confirmaram ambas as hipóteses, evidenciando que a capacidade de PC apresentou uma associação mais substancial com as decisões no âmbito da “vida real”. Além disso, o PC contribuiu de forma significativa para a explicação adicional da variância, para além do que foi explicado unicamente pela inteligência geral (*g*). O estudo envolveu 244 participantes, incluindo estudantes universitários de uma universidade pública da Califórnia/EUA e adultos da comunidade local. A avaliação da inteligência foi realizada por meio do teste *INSBAT*, que se baseia na teoria *Cattell-Horn-Carroll*. Para a avaliação do PC, foi utilizado o *Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA).

Como mencionado anteriormente, o PC, assim como a Inteligência, é de extrema importância tanto para os indivíduos quanto para as sociedades. No entanto, existem aspectos do PC que ainda não foram amplamente explorados e que merecem uma investigação mais aprofundada: as diferenças individuais e de grupo. Enquanto tais diferenças na Inteligência foram amplamente estudadas ao longo do tempo (Deary et al., 2007; Grabner et al., 2004; Haier, 2006; Haier et al., 1988; Haier et al., 2005; Jensen, 2006; Neubauer et al., 2005; Schafer, 1982), os estudos sobre as diferenças individuais e de grupo no PC parecem estar em estágios iniciais de desenvolvimento, como pode ser confirmado por meio de buscas nos principais repositórios de artigos científicos.

### 1.2.1 O construto do Pensamento Crítico

Embora profissionais e leigos tenham uma noção do que é o Pensamento Crítico (PC), seu construto não é facilmente definido e tem sido uma fonte constante de debate. Embora esse debate tenha evoluído de uma ênfase nas habilidades e

capacidades necessárias ao PC para uma ênfase na disposição em busca da verdade, o primeiro fornece uma análise dos processos cognitivos essenciais para a habilidade do PC, em relação à variabilidade no desempenho em situações e/ou tarefas que requerem PC (Bolger et al., 2014; Burbules & Berk, 1999).

Facione et al. (1996) mostraram que a pesquisa empírica sobre o PC começou com teóricos tentando medir tal habilidade a partir de definições didáticas e dogmáticas. O entendimento de que havia um acordo suficiente sobre as ideias centrais possibilitou o avanço sobre o assunto.

A validação empírica amplamente aceita do conceito fundamental do PC surgiu por meio de testes preexistentes e análises fatoriais, que demonstraram que o PC tem duas dimensões distintas: uma ligada a habilidades e outra à disposição/atitude. A lista de habilidades e sub-habilidades específicas do PC foi ratificada de forma independente por um projeto de pesquisa patrocinado pelo departamento de educação dos Estados Unidos da América (EUA) e utilizou dados de pesquisas coletadas por professores, empregadores e formuladores de políticas das universidades. O estudo, originalmente concebido para abordar apenas habilidades, adicionou uma lista de atributos que retratam disposição à sua ferramenta de pesquisa (Facione et al., 1996).

A primeira ferramenta para avaliar a disposição para o PC considerou o consenso sobre o perfil ideal de um pensador crítico, estabelecido por acadêmicos, como ponto de partida conceitual. O *California Critical Thinking Disposition Inventory* (CCTDI) avalia a “intensidade” da disposição de um indivíduo em relação ao PC. Na tentativa de explicar aspectos-chave de tais disposições Facione et al. (1996) propuseram sete escalas:

- a. escala “busca da verdade”; que seria a disposição para buscar o melhor conhecimento em um determinado contexto, ser corajoso em fazer perguntas e ter honestidade e objetivo em buscar a investigação, mesmo que as descobertas não apoiem os interesses próprios ou a opinião preconcebida;
- b. escala de “mente aberta”; que reflete a tolerância a visões divergentes;
- c. escala de “analiticidade”; tem como objetivo valorizar a aplicação do raciocínio e o uso de evidências para resolver problemas, antecipando possíveis dificuldades conceituais ou práticas, e estar constantemente alerta à necessidade de intervir;

- d. escala de “sistemática” ou resiliência; que indica organização, ordenação, foco e diligência na investigação;
- e. escala de “inquisição”; mede a curiosidade intelectual e o desejo de aprender, mesmo quando a aplicação do conhecimento não é facilmente aparente;
- f. escala de “autoconfiança”; mede a confiança que se deposita nos próprios processos de raciocínio;
- g. escala de “maturidade”; que avalia a disposição de ser criterioso na tomada de decisões.

Pesquisas de personalidade e estudos de validade concorrentes sobre a disposição para o PC ofereceram maneiras promissoras de conectar o PC, com suas raízes humanísticas, ao conhecimento científico. Por exemplo, a descrição do consenso do pensador crítico ideal foi submetida a teste por Facione et al. (1996), que utilizaram o *California Q-sort* (Block, 1961). Nesse processo, vinte especialistas em PC foram convidados a classificar individualmente os 100 itens de avaliação do teste, de modo a elaborar um perfil que caracterizasse o pensador crítico ideal. Os resultados foram mesclados para formar um perfil de personalidade do pensador crítico ideal ( $r = 0,80$ ,  $N = 20$ ,  $p < 0,001$ ). Tal perfil correlacionou-se com as pontuações do *CCTDI* obtidos por estudantes de graduação ( $r = 0,36$ ,  $N = 91$ ,  $p < 0,001$ ) e com os dados do *CCTDI* e *Q-sort* ( $r = 0,32$ ,  $N = 91$ ,  $p < 0,001$ ) sobre esses mesmos estudantes (com dados coletados de seus pares de classe). Os dados apresentados confirmaram a força da descrição do consenso do pensador crítico ideal e apoiaram a validade das ferramentas de medição baseadas nessa definição (Facione et al., 1996).

De acordo com Butler (2012), a maioria das avaliações de PC não é validada externamente com medidas que refletem como os adultos pensam em situações do “mundo real”. A maioria dos pesquisadores usa desempenho acadêmico e medidas de aptidão (p.ex. notas escolares, resultados de testes padronizados) ou medidas de habilidades cognitivas (p.ex. inteligência fluida, testes de raciocínio) para estabelecer a validade de seus instrumentos. Como exemplo, as pontuações obtidas no *Cornell Critical Thinking Test* (Ennis & Millman, 2005) foram comparadas com as notas no SAT e os resultados em testes de inteligência. No caso do *Watson–Glaser II Critical Thinking Appraisal*, foram utilizadas medidas de desempenho acadêmico e os resultados de testes de inteligência, como o *WAIS-IV* e as Matrizes Progressivas Avançadas de Raven, para fins de comparação.

O *Halpern Critical Thinking Assessment* teve sua validade avaliada utilizando diversos critérios de comparação. O que incluiu notas padronizadas em exames, como SAT-Verbal ( $r = 0,58$ ), SAT-Matemática ( $r = 0,50$ ), GRE-analítico ( $r = 0,59$ ), GRE-Verbal ( $r = 0,12$ ) e GRE-quantitativo ( $r = 0,20$ ). Além disso, foram considerados outros testes de raciocínio, como o *Arlin Test of Formal Reasoning* ( $r = 0,32$ ), notas escolares (variando de  $r = 0,17$  a  $0,41$ ) e pontuações em escalas de cognição ( $r = 0,34$ ) (Halpern, 2010).

Avaliações que visam medir o PC de maneira mais ampla devem oferecer evidências de validade em vários domínios gerais. Embora nenhuma avaliação tenha previsto resultados reais do PC em domínios que não sejam a academia e os negócios, há evidências empíricas de que as habilidades adquiridas durante a instrução ou prática do PC transferem-se do mundo da academia para outros domínios da vida cotidiana. Indivíduos que apresentaram melhor desempenho em um teste de avaliação de PC e, portanto, níveis mais altos de tal habilidade, relataram menos resultados negativos em suas vidas diárias (Butler, 2012; Phan, 2010; Wechsler et al., 2018).

### 1.2.2 Correlatos sociais do Pensamento Crítico

O impacto do Pensamento Crítico (PC) pode ser observado em múltiplos níveis e em vários aspectos das relações humanas. Alguns estudiosos enfatizaram sua relevância no processo de amadurecimento das sociedades humanas. Bloom (2014, 2010) afirmou que a deliberação racional está no âmago das grandes mudanças morais ocorridas na história humana recente. De acordo com Bloom, as respostas emocionais por si só não podem explicar um dos mais interessantes aspectos da natureza humana: o de que a moralidade evolui. Para este autor, se os seres humanos não fossem capazes de utilizar seus recursos cognitivos para monitorar e avaliar a razoabilidade dos impulsos provindos do ambiente, dificilmente haveria uma mudança na maneira como as pessoas veem as próprias vidas e as vidas de outros.

Em um estudo sobre o declínio da violência ao longo das civilizações, Pinker (2013) menciona o efeito pacificador da educação, que, em parte, consiste no fato de que a educação oferece às pessoas ferramentas para resolver suas disputas pacificamente, por meio do diálogo e da deliberação racional cooperativa.



Lipman (2008) demonstrou que em uma sociedade composta por indivíduos que valorizam e aplicam o PC, cria-se um ambiente de responsabilidade intelectual, diálogo cooperativo e busca por uma fundamentação sólida para sustentar ideias e planos de ação. Isso resulta em menos espaço para manipulação, coação intelectual e doutrinação. Pode-se assumir que o incentivo ao PC e ao desenvolvimento de pensadores críticos é uma das mais duradouras e positivas contribuições das instituições educacionais para as sociedades humanas. Singer (2011) sustentou que, por mais frágil seja, foi nossa capacidade de pensar criticamente que permitiu algum progresso moral em nossas sociedades.

Para Halpern (2013), o que precisamos saber e ser capazes de fazer como cidadãos informados vem mudando a um ritmo cada vez mais acelerado. A força de trabalho, de uma forma geral, vem testemunhando o ritmo vertiginoso da mudança. Há um aumento na demanda por um novo tipo de trabalhador, capaz de realizar operações em várias etapas, manipular ideias abstratas e complexas, adquirir novas informações de forma eficiente, e que seja flexível o suficiente para reconhecer a necessidade de mudança contínua e de novos paradigmas para a aprendizagem ao longo da vida. Trabalhadores em quase todas as categorias de emprego enfrentarão, inevitavelmente, novos desafios em ambientes de trabalhos que estão mudando repetidamente e com uma velocidade cada vez maior. Respostas familiares não funcionam mais, e até mesmo as recém-adquiridas não funcionarão por muito tempo.

Neste contexto, Yue et al. (2017) destacaram que devido ao rápido desenvolvimento do cenário da prática clínica e à crescente oportunidade de tomar decisões, os enfermeiros são incentivados a pensar de forma autônoma e a realizar julgamentos racionais que estejam alinhados com as necessidades e problemas dos pacientes. O PC permite que os enfermeiros sirvam como executores experientes, que selecionam, combinam, julgam e aplicam informações a fim de resolver os problemas dos pacientes de maneira eficaz, o que se transforma em uma habilidade essencial na prática clínica diária de enfermagem (Papathanasiou, 2014). Na década de 1990 a *American Association of Colleges of Nursing* (1999) já afirmava que desenvolver o PC era um importante objetivo no ensino de enfermagem, com o objetivo de melhorar as habilidades de prática clínica, da capacidade de análise de problemas e tomada de decisão.

Pitt et al. (2015), em um estudo longitudinal, descritivo e correlacional, analisaram as pontuações de PC obtidas por estudantes de enfermagem de uma

universidade australiana, investigando a relação dessas pontuações com o desempenho acadêmico, desempenho clínico e a progressão no curso. As habilidades de PC foram medidas por meio do *Health Sciences Reasoning Test* (HSRT). As medidas de desempenho acadêmico incluíram nota média (*grade point average* – GPA), notas agregadas do curso e reprovação acadêmica. O desempenho clínico foi avaliado por meio de um processo denominado *Structured Observation and Assessment of Practice* (SOAP). As pontuações do HSRT e suas subescalas “Análise” e “Raciocínio dedutivo” previram a conclusão do programa em 3 anos. O preditor de conclusão mais forte foi a pontuação da subescala “Análise” ( $p = 0,001$ , *Odds ratio* = 0,58), seguido pela subescala “Raciocínio dedutivo” ( $p = 0,003$ , *Odds ratio* = 0,73). O estudo identificou a importância de considerar as habilidades de PC como possíveis critérios de seleção para o programa, bem como uma ferramenta para fornecer soluções e reduzir o risco de falha ao longo da prática clínica.

Pu et al. (2019) demonstraram que o PC desempenha um papel central no aprendizado e no trabalho, inclusive na área da educação médica, à medida que ocorre a transição de currículos baseados em conhecimento para currículos baseados em competências. É de extrema importância que os alunos desenvolvam habilidades críticas para analisar o conhecimento e as informações disponíveis. Conforme relatado por pesquisadores, o *Institute for International Medical Education* (IIME) incorporou o PC como um dos padrões no treinamento médico. O PC é fundamental para a competência de um profissional de saúde na avaliação, diagnóstico e tratamento adequados e eficazes dos pacientes. Além disso, os requisitos essenciais estabelecidos pelo IIME abordaram julgamentos pessoais, centrados na capacidade de coletar, analisar, avaliar criticamente e aplicar todas as fontes de informação para manter a competitividade no desafiador ambiente de saúde.

O estudo de Pu et al. (2019) foi conduzido com estudantes de medicina do terceiro ano da Universidade de Pequim, os quais tinham concluído 12 disciplinas pré-clínicas, incluindo anatomia, bioquímica, imunologia e microbiologia. Este estudo revelou uma associação positiva e significativa entre as disposições para o PC e o desempenho na aprendizagem baseada em problemas. Para investigar se a disposição para o PC se correlaciona com o desempenho da aprendizagem baseada em problemas, foi realizada uma análise paramétrica de correlação bivariada entre as pontuações de PC dos alunos, avaliado por meio do *California Critical Thinking Disposition Inventory* (CCTDI), que é capaz de avaliar sete domínios, e as oito

pontuações médias da aprendizagem baseada em problemas, avaliada por meio de um teste desenvolvido pela própria universidade e que consistia em cinco domínios (“participação”; “preparação”; “habilidades de comunicação”; “discussão crítica” e “trabalho em equipe”) (Pu et al., 2019).

Os resultados evidenciaram que as pontuações totais de PC apresentaram correlações positivas significativas com as pontuações totais no teste de desempenho da aprendizagem baseada em problemas ( $\rho = 0,26$ ;  $p < 0,01$ ). Entre as sete subescalas do *CCTDI*, os escores de ‘abertura’ ( $\rho = 0,24$ ;  $p < 0,05$ ), “analiticidade” ( $\rho = 0,23$ ;  $p < 0,05$ ), “autoconfiança” ( $\rho = 0,27$ ;  $p < 0,05$ ) e “inquisição” ( $\rho = 0,19$ ;  $p < 0,05$ ) mostraram correlações positivas com os escores totais da aprendizagem baseada em problemas. Além disso, as subescalas “analiticidade” ( $0,19 < \rho < 0,26$ ;  $p < 0,05$ ), “autoconfiança” ( $0,22 < \rho < 0,29$ ;  $p < 0,05$ ) do *CCTDI* mostraram correlações positivas com todas as dimensões do desempenho da aprendizagem baseada em problemas (Pu et al., 2019).

O estudo conduzido por Desai et al. (2016), com o objetivo de investigar a compreensão dos professores nas escolas de negócios estadunidenses sobre o PC e determinar se métodos pedagógicos adequados eram empregados em sala de aula para promover o PC, demonstrou que a habilidade dos estudantes de pensar criticamente sempre foi uma preocupação fundamental para as organizações empresariais nos Estados Unidos.

Desai et al. (2016) apresentaram resultados de várias pesquisas que diagnosticaram o problema. Um estudo conduzido pelo *The Wall Street Journal*, com 479 recrutadores de universidades estadunidenses, indagou sobre as habilidades nas quais os recém-formados precisavam aprimorar. Mais da metade dos participantes mencionou alguma combinação de pensamento crítico, habilidades de resolução de problemas e capacidade de pensar de forma independente. Essa constatação do *The Wall Street Journal* corroborou o que a *Business Roundtable* (uma rede de *networking* de executivos estadunidenses) havia identificado em uma pesquisa realizada em 2009, na qual 600 empregadores foram entrevistados. Mesmo em meio à recessão e a altas taxas de desemprego naquela época, 61% dos entrevistados relataram dificuldades em encontrar funcionários qualificados.

Uma pesquisa conduzida pela *Association of American Universities* (AAU) com líderes de empresas e organizações sem fins lucrativos revelou que mais de 75% dos entrevistados declararam dar maior ênfase a cinco áreas principais: pensamento

crítico, resolução de problemas complexos, comunicação escrita, comunicação oral e aplicação do conhecimento em ambientes do “mundo real”. Além disso, a pesquisa indicou que os empregadores estavam mais interessados em pensamento crítico e resolução de problemas do que as universidades (Desai et al., 2016).

Em outra pesquisa realizada pela AAU, na qual participaram 318 líderes empresariais, notou-se que 93% dos participantes destacaram que “uma capacidade comprovada de pensar criticamente, comunicar-se de forma clara e resolver problemas complexos era mais importante do que o diploma de um candidato”. Adicionalmente, profissionais executivos sêniores observaram que a competência que mais falta nos líderes é o pensamento estratégico, que está intrinsecamente relacionado às habilidades de PC (Desai et al., 2016).

A conclusão do estudo, que envolveu a participação de 32 professores de cinco universidades de negócios nos Estados Unidos, destacou a existência de uma disparidade na percepção dos professores em relação ao conceito de PC. De acordo com os autores, o estudo ressaltou a necessidade de estabelecer um padrão para o ensino, medição e avaliação das habilidades de PC nas escolas de administração. Com base nos dados e descobertas da pesquisa, foram fornecidas recomendações para promover a unificação do entendimento e a formulação do construto, bem como orientações sobre como ensinar e avaliar as habilidades de PC aos participantes (Desai et al., 2016).

Baghdadchi et al. (2019) destacaram a proeminência da necessidade de habilidades analíticas em uma ampla variedade de cursos de engenharia. Um exemplo particular é uma disciplina ministrada principalmente nos cursos de Engenharia Elétrica e/ou Eletrônica, que requer uma sólida capacidade de PC: a teoria e prática de circuitos analógicos. Nessa disciplina, os alunos estudam elementos de circuitos não lineares, como diodos, transistores de junção bipolar, transistores de efeito de campo e suas aplicações em projetos de circuitos funcionais. Os alunos que frequentam essa disciplina são desafiados a fazer suposições lógicas sobre o funcionamento desses elementos de circuito e a justificar essas suposições com base nos resultados calculados, o que pode exigir um nível mais elevado de compreensão.

Neste contexto, os autores conduziram um estudo sobre o impacto na aprendizagem dos alunos ao integrar testes feitos em casa, sessões de discussões entre os alunos, vídeos pré-aula e questionários direcionados em um curso sobre circuitos analógicos. O objetivo das intervenções foi estimular o desenvolvimento do

PC, uma habilidade essencial para todos os estudantes de engenharia, além de aprimorar a compreensão dos alunos em relação ao conteúdo da disciplina (Baghdadchi et al., 2019).

As intervenções foram realizadas com alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia da Computação da UC San Diego, uma universidade pública de pesquisa intensiva nos Estados Unidos da América (EUA), durante dois trimestres de 2018. O estudo envolveu 122 alunos de ambos os sexos, os quais estavam matriculados do 2º ao 4º ano em ambos os cursos. O curso sobre circuitos analógicos foi ministrado em três aulas semanais, com duração de 50 minutos, ao longo dos dois trimestres. O mesmo instrutor ministrou o curso integralmente, abordando os mesmos tópicos (Baghdadchi et al., 2019).

A estrutura do estudo foi delineada da seguinte maneira: durante o 1º trimestre, houve a realização de sessões de discussões entre os alunos, atividades extracurriculares, uma prova intermediária, uma prova final, e testes em laboratório, além das aulas regulares. No 2º trimestre, a metodologia incluiu sessões de discussões entre os alunos, atividades extracurriculares, uma prova intermediária, uma prova final, testes em laboratório, vídeos pré-aula, questionários sobre o tema da aula e dois testes extracurriculares que poderiam ser feitos em grupo, além das aulas regulares (Baghdadchi et al., 2019).

Os grupos foram divididos da seguinte maneira: Grupo 1 (N = 70) recebeu o vídeo pré-aula e os testes extracurriculares opcionais; Grupo 2 (N = 28) recebeu apenas os testes extracurriculares opcionais; Grupo 3 (N = 11) recebeu apenas os vídeos pré-aula; e Grupo 4 (N = 13) não teve acesso a vídeos pré-aula nem a testes extracurriculares. O número de participantes em cada grupo variou de acordo com a escolha de cada aluno em participar das atividades extracurriculares. Todos os alunos foram encorajados a participar de todas as atividades do seu grupo, além das aulas regulares (Baghdadchi et al., 2019).

Os resultados revelaram que as intervenções tiveram um impacto positivo na habilidade dos alunos de solucionar problemas em circuitos, sejam eles simples ou complexos, além de contribuir para alcançar um nível mais elevado de compreensão dos tópicos do curso. Os grupos obtiveram os seguintes resultados na prova final do curso: Grupo 1: 66,2% (D.P. = 1,9%); Grupo 2: 58,1% (D.P. = 3,1%); Grupo 3: 51,5% (D.P. = 6,9%); e Grupo 4: 52% (D.P. = 6%). Conforme observado pelos autores, essas técnicas não se limitaram às aulas de circuitos analógicos e têm a capacidade de ser

implementadas em uma ampla gama de cursos de engenharia e em diversas outras áreas. Essas intervenções serviram como modelo para a reformulação de outras disciplinas nos cursos de engenharia da universidade (Baghdadchi et al., 2019).

### 1.2.3 Avaliação do pensamento crítico

Os testes psicométricos são medidas importantes e, apesar das evidências de que a inteligência está associada a uma variedade de resultados na “vida cotidiana”, a relação entre inteligência e “bom pensamento” é menos clara. Stanovich e West (2014) defendem a ideia de que os testes padronizados de inteligência deixam de capturar componentes importantes do que eles denominam como raciocínio e racionalidade.

Assim, a habilidade de PC não é avaliada por meio das medidas padrão de inteligência. É possível que alguém obtenha uma pontuação alta em um teste de inteligência e, em seguida, recorra à leitura de mãos (que não tem qualquer base científica) ao tomar decisões (Halpern, 2013). Stanovich (2009) argumentou que médicos que obtêm pontuações elevadas em testes de inteligência convencionais podem escolher tratamentos médicos menos eficazes para seus pacientes, e indivíduos com alto QI podem deixar de avaliar riscos. Embora haja uma relação positiva entre o PC e as pontuações em testes de inteligência, essa relação não é forte.

Existem vários testes comercialmente disponíveis para avaliar o PC. No entanto, ao longo deste trabalho, não foi identificado nenhum dos principais testes que estivesse disponível em língua portuguesa falada no Brasil ou contextualizado à nossa cultura. No contexto brasileiro, é possível observar a existência de testes desenvolvidos para fins de pesquisa científica, como demonstram Santana (2019) e Sousa (2015). O Instituto Ayrton Senna, por exemplo, realiza pesquisas embasadas em evidências e diagnósticos essenciais para orientar a implementação de políticas públicas na área educacional e disponibiliza às autoridades públicas e educadores as ferramentas necessárias para isso. No entanto, durante o decorrer deste trabalho, o instituto utilizava rubricas de domínio específico sobre criatividade e pensamento crítico desenvolvidas pela OCDE, mas é importante ressaltar que essas rubricas não constituem um teste específico para a avaliação do pensamento crítico (Disponível

em: <<https://institutoayrtonsenna.org.br/o-que-defendemos/criatividade-e-ensamento-critico/>>. Acesso em 30 de agosto de 2023).

Os testes comerciais geralmente têm como objetivo avaliar um ou mais aspectos do PC, como raciocínio verbal, análise de argumento, inferência, raciocínio indutivo, raciocínio dedutivo, identificação de suposições, tomada de decisão ou resolução de problemas, utilizando diferentes formatos de avaliação. Os testes de múltipla escolha são os mais comuns e são preferidos por sua eficiência na avaliação, proporcionando resultados prontamente para uma interpretação adequada. Isso os torna especialmente úteis quando se deseja avaliar um grande número de indivíduos, seja devido a restrições de tempo ou a questões financeiras. Além disso, existem testes que se baseiam em perguntas de resposta aberta ou não estruturada, com respostas curtas ou ensaios, permitindo avaliar se os indivíduos demonstram habilidades para coordenar diversas facetas do PC (Pereira & Alich, 2015; Wechsler et al., 2018).

O *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT), que é concebido como um teste adequado para alunos desde o quarto ano de escolaridade até aos primeiros anos do ensino superior, consiste exclusivamente em questões de múltipla escolha. Isso limita a obtenção de um entendimento abrangente das funções cognitivas envolvidas no PC, fornecendo apenas informações sobre competências relacionadas à indução, avaliação da credibilidade, dedução e reconhecimento de pressupostos (Pereira & Alich, 2015; Ennis & Millman, 2005a; Ennis & Millman, 2005b).

Um dos testes mais amplamente utilizados para avaliar o PC é o *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal* (WGCTA), que foi projetado para medir diferentes aspectos do PC, embora interdependentes, por meio de seus subtestes 'Inferências', 'Reconhecimento de pressupostos', 'Dedução', 'Interpretação', e 'Avaliação de argumentos'. O WGCTA concentra-se em certos elementos e padrões de pensamento, buscando uma única resposta. Ele apresenta tarefas relativamente simples e bem definidas, nas quais os participantes podem selecionar entre várias opções de resposta (Pereira & Alich, 2015; Watson, 1980).

Outro teste de destaque é o *Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA), que incorpora questões de múltipla escolha, exigindo elaboração, permitindo uma avaliação abrangente do construto em análise. Isso ocorre porque o HCTA aborda tanto as habilidades cognitivas quanto as atitudes, que são reconhecidas como fundamentais para o Pensamento Crítico (Halpern, 2010). O HCTA é considerado um

marco no campo da avaliação do construto, principalmente devido ao seu formato e à apresentação de cenários que retratam “vida real”. O teste avalia cinco dimensões que correspondem às cinco habilidades centrais delineadas no modelo teórico proposto por Halpern (2010) como fundamentais para o PC: ‘Tomada de decisão e resolução de problema’, ‘raciocínio verbal’, ‘teste de hipótese’, ‘análise de argumento’, e ‘probabilidade e incerteza’.

Além desses testes, também merecem destaque o *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test* (Ennis & Weir, 1985), o *The California Critical Thinking Skills Test: College Level* (Facione, 1990) e o *PENCRISAL Critical Thinking Test* (Rivas & Saiz, 2012). Todos esses testes desempenham um papel importante na avaliação do PC.

Há uma crescente demanda global para envolver alunos e profissionais de todos os níveis em atividades de aprendizagem que promovam as habilidades de PC. Dado o consenso atual em considerar o PC como uma síntese das capacidades cognitivas e das disposições atitudinais, torna-se crucial uma avaliação do construto que reflita seus componentes teóricos com a máxima precisão possível. Isso possibilita que tanto as habilidades cognitivas quanto as disposições relacionadas sejam devidamente e precisamente avaliadas. Para atender a essa demanda, é de extrema importância o desenvolvimento de ferramentas de avaliação que abordem ambos os contextos de forma adequada (Ku, 2009).

Essa ideia foi corroborada por Butler (2012), que apontou que a maioria das avaliações de PC usa medidas acadêmicas para estabelecer a validade, mas o PC também deve beneficiar os alunos e profissionais fora da sala de aula. Os educadores esperam que pensadores críticos tomem decisões melhores, analisem informações com mais cuidado e critério, desempenhem melhor em suas atividades profissionais e sejam menos suscetíveis a fraudes e outros eventos negativos. Se há um consenso de que uma educação em PC beneficia a todos, dentro e fora da sala de aula, as avaliações de PC devem refletir essa crença adequadamente.

### 1.3 Desempenho Cognitivo e Eletroencefalograma (EEG)

Se o Pensamento Crítico (PC) está relacionado, em alguma extensão, com a inteligência, supõe-se que as expressões eletroencefalográficas possam ser verificadas. Nesse sentido, é importante ressaltar que os primeiros estudos que vincularam eletroencefalografia e cognição foram realizados a partir da década de



1920, como pode ser observado no trabalho de Wyspianski (1929) intitulado “EEG Brain Waves and Creative Thinking”. Seus resultados sugeriram um amplo escopo para futuras pesquisas e indicaram que, no futuro, seria possível buscar correlações entre a variável EEG utilizada na investigação e o desempenho em testes capazes de medir aspectos de criatividade, imaginação e outros níveis de funcionamento cognitivo. Com o passar do tempo, surgiram evidências de que as respostas elétricas cerebrais mostram diferenças entre pessoas com diferentes níveis de inteligência. Sujeitos com inteligência elevada exibem, em média, respostas elétricas cerebrais mais rápidas, mais complexas e de formatos diversos, quando observados adequadamente por meio de um EEG (Deary, 2020).

De acordo com Jensen (2011), a inteligência é refletida pela periodicidade da oscilação neural, observada por meio dos potenciais de ação que ocorrem no cérebro e no sistema nervoso central (SNC) dado um estímulo qualquer. Operacionalmente, essa hipótese sugere que as medidas psicométricas padrão típicas de ‘g’ estão correlacionadas com as taxas de oscilação do cérebro e do SNC, medidas por vários paradigmas de tempo de reação.

Com o EEG, é possível obter medidas da atividade elétrica gerada quando um grupo de neurônios inicia e interrompe suas atividades. As ondas elétricas cerebrais identificadas por meio do EEG podem ser caracterizadas pela amplitude e frequência. O EEG é altamente sensível aos estados cerebrais, como vigília e sono, e às mudanças que ocorrem quando diferentes áreas do cérebro processam informações sensoriais, motoras e cognitivas. A amplitude do sinal de EEG depende, em parte, da sincronização da atividade dos grupos de neurônios subjacentes (Haier, 2006).

Quando um grupo de neurônios recebe simultaneamente a mesma quantidade de excitação, por meio das sinapses<sup>1</sup>, os pequenos sinais elétricos se somam para gerar um sinal sincronizado e de maior amplitude. No entanto, quando cada neurônio recebe separadamente a mesma quantidade de excitação, em intervalos de tempo diferentes, os sinais somados são escassos e irregulares, gerando um sinal elétrico de pequena amplitude e dessincronizado (Bear et al., 2007).

As funções cerebrais, como cognição, comportamento e percepção, derivam da atividade coordenada de várias regiões cerebrais. A conectividade cerebral

---

<sup>1</sup> Sinapse: As sinapses são locais especializados de contato onde ocorre transmissão de informação entre neurônios durante o processo chamado de transmissão sináptica. Existem dois tipos de sinapses: Elétricas (se refere a transmissão de pulso elétrico) e químicas (se refere a transmissão de neurotransmissores).

investiga como essas diferentes regiões interagem como uma rede. Dependendo da característica de conectividade estudada, faz-se uma distinção entre conectividade estrutural (que se refere à estrutura essencial), funcional (que analisa a correlação entre diferentes regiões) e efetiva (que avalia a magnitude e direção do fluxo de informação) entre as regiões cerebrais (Tadel et al., 2011).

Nesse contexto, o estudo conduzido por Thatcher et al. (2016) expandiu a investigação sobre a relação entre as medidas de conectividade do EEG e a inteligência, revelando correlações significativas entre a inteligência e o fluxo de informações entre eletrodos de diferentes áreas corticais. Embora o fluxo de informações tenha sido observado em todos os participantes, uma relação linear inversa foi identificada em sujeitos com alto QI, com uma medição de magnitude menor no fluxo de informações entre eletrodos e, portanto, entre suas regiões subjacentes. Além disso, a maior discrepância no fluxo de informações entre os grupos de alto e baixo QI foi observada nas bandas de frequência Alpha, envolvendo combinações de eletrodos frontoparietais.

Thatcher et al. (2016) também observaram que as diferenças no fluxo de informações entre alto QI e baixo QI também ocorreram em combinações entre eletrodos de longa distância. Além disso, o hemisfério esquerdo exibiu correlações mais fortes entre a magnitude do fluxo de informações e inteligência, em comparação com o hemisfério direito. Em resumo, os resultados do estudo apoiaram ambas as teorias mais comuns em que a inteligência está relacionada a:

- a. conectividade frontoparietal especializada (P-FIT – Jung & Haier (2007));
- b. eficiência geral do processamento da informação (Eficiência neural – Haier (2006); Haier et al. (1988)).

Quanto aos sinais elétricos emitidos pelo cérebro, sabe-se que podem ser classificados em cinco bandas de frequência, associadas a diferentes estados mentais, e seus valores limites podem variar de acordo com a literatura, como em Blinowska e Durka (2006), Jensen (2006), Klimesch (1999) e Teplan (2002). Os valores universais podem ser considerados como: Delta (0,5 Hz a 4 Hz), Theta (4 Hz a 8 Hz), Alpha (8 Hz a 12 Hz), Beta (12 Hz a 30 Hz) e Gamma (30 Hz a 100 Hz).

As ondas Delta ocorrem no sono profundo e estão relacionadas com consolidação de memória episódica, conforme descreveram Axmacher et al. (2008) e Hondrou e Caridakis (2012). De acordo com Harmony (2013), é possível que as

frequências Delta originadas no córtex frontal possam modular a atividade de redes neuronais distantes dos lobos frontais durante tarefas cognitivas que exijam atenção.

Herrmann et al. (2016) demonstraram que o correlato cognitivo mais notável da atividade Delta relacionada a eventos (event-related potential - ERP) é a detecção de um alvo ou estímulo “go” em meio a uma série de distratores ou estímulos “no-go”. Quando os sujeitos processam um estímulo que exige recursos de atenção, pode ser gerada uma onda P3. As fontes de oscilações Delta são frequentemente encontradas no córtex frontal e cíngulo. Devido à sua baixa frequência, essas oscilações abrangem uma região consideravelmente ampla de redes neurais, possivelmente desempenhando um papel inibitório. Essa suposição está em conformidade com funções cognitivas como a atenção, uma vez que direcionar a atenção para um estímulo pode ser alcançado inibindo outros estímulos.

As ondas Theta estão associadas com sonolência, inspiração criativa, meditação, excitação, processamento sensório-motor, mecanismos de aprendizagem, memória de trabalho e memória episódica (Hondrou & Caridakis, 2012).

Gevins et. al (1998) e Gevins et al. (1997) demonstraram que ocorrem alterações nas ondas Theta durante testes que exigiram uma alta demanda de memória de trabalho, com um aumento na amplitude dessas ondas nas regiões frontais do córtex cerebral. Klimesch (1999) evidenciou que a banda de frequência Theta responde de forma seletiva à codificação de novas informações na formação da memória episódica.

Supõe-se que as oscilações Theta corticais refletem a comunicação com o hipocampo - região conhecida por servir a funções de memória e por exibir oscilações na faixa Theta. Além disso, a atividade Theta é observada durante a inibição funcional das funções executivas. Neste caso, as oscilações Theta são observadas principalmente no córtex frontal e normalmente regulam outras estruturas cerebrais por meio da inibição (Herrmann et al., 2016).

Conforme descrito por Hondrou e Caridakis (2012) e Pfurtscheller e Aranibar (1978), a ativação cortical durante o desempenho em um teste cognitivo qualquer pode ser avaliada por meio das alterações observadas nas ondas Alpha. As amplitudes destas ondas diminuem durante a realização de testes cognitivos, quando comparadas às amplitudes das mesmas ondas monitoradas com o sujeito em estado de repouso. Para Grabner et al. (2004), os limites inferiores das ondas Alpha ocorrem por toda região cerebral e refletem ativação cortical durante testes de demanda geral

e processos de atenção. Por outro lado, os limites superiores das ondas alfa tendem a manifestar-se nas regiões frontal, central, parietal e temporal, em resposta às demandas de processamento semântico. Enquanto isso, as regiões occipitais podem responder tanto às demandas de processamento perceptual quanto semântico.

Um estudo realizado por Jaarsveld et al. (2015) sugere que a sincronização dessas ondas é mais pronunciada em episódios de processamento de raciocínio criativo nos quais o processamento da informação é mais exigente e complexo, corroborando o que já havia sido apresentado por Jaušovec e Jaušovec (2000). Jahidin et al. (2014) mostraram que ocorre maior redução nas amplitudes das ondas Alpha em sujeitos menos inteligentes do que em sujeitos mais inteligentes durante demanda cognitiva, apesar de ocorrer diminuição de amplitude nos dois casos.

As oscilações Alpha exibem uma correlação inversa com o desempenho cognitivo, sugerindo assim uma inibição de estruturas corticais irrelevantes para a tarefa em execução. Uma vez que as oscilações são idealmente adequadas para servir como marca-passos, uma hipótese recente sugere como as duas funções de inibição e temporização podem ser blocos de construção elementares de funções cognitivas que envolvem supressão e seleção (Herrmann et al., 2016).

As ondas Beta estão associadas ao foco, concentração, alerta, agitação e ansiedade (Hondrou & Caridakis, 2012). De acordo com Desai et al. (2015), as ondas Beta ocorrem durante estados elevados de consciência, quando uma tarefa está sendo concluída, e durante períodos de concentração ativa.

Fernández et al. (1995) demonstraram a tendência de diminuição de amplitude das ondas Beta durante o desempenho de tarefas cognitivas por quase todo o córtex, exceto nas áreas frontais, onde foi observado aumento na amplitude. Jahidin et al. (2014) mostraram que essa diminuição de amplitude pelo córtex ocorre de forma mais pronunciada em sujeitos mais inteligentes, com sujeitos menos inteligentes apresentando amplitudes mais elevadas.

Herrmann et al. (2016) mostraram que as ondas Beta também são observadas quando os sujeitos realizam tarefas motoras e durante tarefas cognitivas que requerem interação sensório-motora. Uma hipótese recente que integra aspectos dos processos motores e cognitivos sugere que a atividade Beta reflete se o estado sensório-motor atual deve permanecer estável ou mudar no momento apropriado.

As ondas Gamma estão associadas a estados elevados de consciência, foco e acuidade intelectual e possuem forte presença durante a meditação (Hondrou &

Caridakis, 2012). De acordo com o estudo realizado por Jokisch e Jensen (2007) a atividade na banda Gamma pode refletir o correlato neuronal das representações de memória de trabalho. Embora muitas das oscilações de baixa frequência tenham sido associadas à inibição funcional, acredita-se que oscilações mais rápidas da banda Gamma refletem a ativação cortical. Dependendo da região cortical exata, as oscilações Gamma estão intimamente relacionadas ao processamento atento da informação, à manutenção ativa do conteúdo da memória e à percepção consciente (Herrmann et al., 2016).

O Potencial Evocado Médio (*Average Evoked Potential* - AEP) é uma resposta resultante do processamento das informações registradas no eletroencefalograma (EEG). Ele é caracterizado pela complexidade da forma de onda, pelo tamanho dos picos de amplitude positiva e negativa, bem como pelas latências de cada pico a partir do início do estímulo (Haier, 2006). Essas características do AEP são fundamentais para a compreensão da atividade cerebral em resposta a estímulos sensoriais específicos.

Existem associações entre alguns parâmetros do Potencial Evocado Médio (AEP) e medidas de inteligência. De acordo com Schafer (1982), pessoas que demonstram amplitudes maiores de Potenciais Evocados Médios (AEP) em resposta a estímulos inesperados e amplitudes menores para estímulos esperados tendem a ter um QI mais elevado. Além disso, em relação à latência, os AEP indicam que os cérebros de indivíduos mais inteligentes respondem mais rapidamente aos estímulos, apresentando latências mais curtas (Gottfredson, 2016). Dessa forma, é possível inferir que pessoas com alta inteligência e pensamento crítico também respondem de forma mais rápida a estímulos.

Além dos AEP, outra forma de avaliar diferentes níveis de inteligência é por meio da conectividade cerebral, já mencionada, que pode ser medida por meio da Coerência EEG. Trata-se de uma medida estatística de consistência de fase entre duas séries temporais. Thatcher et al. (2005) mostraram que as medidas de coerência estão mais fortemente correlacionadas com o QI do que as medidas de amplitude/potência do EEG. Isso sugere que as características de rede associadas ao compartilhamento de informações e à conexão entre áreas cerebrais, conforme evidenciadas pela coerência do EEG, têm a maior capacidade de prever o QI.

A Coerência EEG oferece uma estimativa das interações funcionais entre sistemas oscilatórios e pode fornecer informações sobre a formação de redes e o

acoplamento/desacoplamento de áreas cerebrais, sugerindo como as regiões cerebrais se interconectam e se sincronizam para desempenhar diversas funções cognitivas (Jaušovec & Jaušovec, 2005).

Por fim, o Método da Coerência é considerado equivalente ao método da correlação ( $r$ ) no sentido de avaliar o grau de semelhança entre dois sinais, embora empregue diferentes cálculos matemáticos (Guevara & Corsi-Cabrera, 1996). E, da mesma forma que os AEP, tem sido utilizado, ao longo dos anos, para avaliar diferenças individuais e de grupo em relação ao desempenho em testes cognitivos.

Após a apresentação dos aspectos essenciais da inteligência, do pensamento crítico e do vínculo entre desempenho cognitivo e eletroencefalograma, procede-se à delimitação do problema.

## 2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

A análise da literatura especializada indica a existência de lacunas sobre o tema “pensamento crítico”. Sabe-se que habilidades cognitivas são necessárias ao desenvolvimento do pensamento crítico (PC) em nível individual e de grupo. Entretanto, alguns pontos carecem de exploração mais profunda. Entre eles:

- a) a grande dificuldade em avaliar e medir o PC em situações do cotidiano, do “mundo real”, como observado por Butler (2012) e Ku (2009);
- b) se desconhecem as fontes subjacentes às diferenças individuais em PC quanto ao desempenho e à área cerebral demandada.

A busca por estudos que apontem diferenças individuais em PC, por meio de pesquisa por termos como “*individual differences in critical thinking*” e “*individual performances in critical thinking*” no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), órgão do Ministério da Educação (MEC) (em agosto de 2023), não apresentou estudos a respeito.

Ku e Ho (2010) tentaram identificar diferenças em PC entre estudantes chineses por meio de testes para avaliar habilidades cognitivas gerais e o PC, além das disposições para o mesmo. Stanovich et al. (2004) tentaram demonstrar como a pesquisa das diferenças individuais pode levar a um progresso cumulativo em questões teóricas de importância geral. O trabalho acadêmico produzido por Taube (1993) indicou que o desempenho em testes de PC é um produto tanto da habilidade de PC quanto da disposição para o mesmo. A revisão realizada por Bolger et al. (2014) dividiu o PC em sistemas já amplamente estudados (raciocínio fluido, função executiva, memória declarativa) e, em seguida, apontou aspectos neurais desses sistemas e apresentou suas relações com o PC. No entanto, nenhum desses estudos buscou avaliar diferenças individuais no PC quanto ao desempenho e à atividade cerebral dos indivíduos testados.

- c) se desconhecem possíveis diferenças de grupo no PC, quanto ao desempenho de indivíduos de áreas de formação profissional, ou de conhecimento, distintas.

A busca por estudos que apontem diferenças de grupo em PC, por meio de pesquisa por termos como “*group differences in critical thinking*”, “*group differences in critical thinking according to training areas*”, e “*group differences in critical thinking according to knowledge areas*” no portal de periódicos da CAPES/MEC (em agosto de

2023), revelou um estudo realizado por Marni, Aliman e Harsiati (2020). Este estudo utilizou uma abordagem quantitativa com o objetivo de determinar as diferenças nas habilidades de PC em estudantes do primeiro ano de um curso de língua Indonésia, com base no gênero e no grupo de conhecimento (áreas de Humanas e Ciências). De fato, para conduzir essa pesquisa, foi utilizado um questionário composto por 25 afirmações, conforme apresentado por Facione (2011), e não incluiu questões ou itens que exigissem o uso de PC, como abordado por Halpern (2010).

Existem alguns estudos que buscam identificar ou avaliar resultados do uso de PC em atividades rotineiras de áreas de conhecimento específicas, como Enfermagem (Pitt et al., 2015) ou Medicina (Pu et al., 2019). No entanto, estudos capazes de avaliar diferenças de desempenho no PC em indivíduos de áreas de conhecimento distintas parecem ser bastante incipientes, especialmente no contexto brasileiro.

Desta forma, este estudo visa contribuir para as questões observadas, propondo:

- a) desenvolvimento de um teste na língua portuguesa capaz de avaliar pensamento crítico;
- b) avaliação de possíveis diferenças de grupo em relação ao PC, considerando o desempenho de indivíduos de três áreas de conhecimento distintas;
- c) avaliação de possíveis diferenças de grupo, considerando as redes neurais envolvidas no desempenho dos participantes no teste de PC.

Cabe esclarecer que o teste proposto neste estudo não tem como objetivo responder às questões levantadas por Butler (2012), Ku (2009) e Wechsler et al. (2018) sobre a capacidade ou limitações dos testes de PC existentes.



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Investigar diferenças de grupo quanto ao desempenho em teste de Pensamento Crítico (PC), considerando indivíduos de três áreas de conhecimento distintas (Ciências Biológicas, Exatas e Humanas).

#### 3.2 Objetivos específicos

- a. elaborar um instrumento de avaliação de PC em Português brasileiro, adequado à população estudada;
- b. investigar a relação entre o PC e as inteligências fluida (gf) e cristalizada (gc);
- c. investigar as diferenças de grupo no PC, levando em consideração o desempenho de indivíduos dos sexos feminino e masculino no teste correspondente (sexo atribuído no nascimento);
- d. investigar quais das variáveis “área de conhecimento”, “*gf*”, “*gc*” e “sexo” são preditoras do teste TAPC, elaborado para o estudo;

Os demais objetivos específicos visam investigar, por meio de EEG, as características de ativação do córtex cerebral relacionadas às ondas elétricas cerebrais Theta, Alpha e Beta, levando em consideração:

- e. indivíduos com alto e com baixo desempenho no TAPC;
- f. indivíduos dos sexos feminino e masculino (sexo atribuído no nascimento) com alto desempenho no TAPC;
- g. indivíduos do sexo feminino com alto e com baixo desempenho no TAPC;
- h. indivíduos dos sexos feminino e masculino, desconsiderando o desempenho no TAPC.

## **4 ESTUDO PRELIMINAR: Desenvolvimento e validação do Teste para Avaliação do Pensamento Crítico (TAPC)**

Este estudo teve como objetivo descrever as fases de desenvolvimento teórico e validação (semântica e por critério externo) do Teste de Avaliação de Pensamento Crítico (TAPC). A elaboração e desenvolvimento do teste foram motivados pela importância do uso e disseminação do pensamento crítico na atualidade. Além disso, nenhum dos testes mais importantes comercializados, capazes de avaliar habilidades de pensamento crítico, tinha tradução para a língua portuguesa falada no Brasil ao longo do estudo principal. O estudo foi iniciado em fevereiro de 2020 e finalizado em setembro de 2021.

### 4.1 Método

Para o desenvolvimento do TAPC foi observada a teoria sobre desenvolvimento de itens apresentada por Pasquali (2009), que descreve avaliação teórica (Fase 1) e validação por critério externo (Fase 2).

#### 4.1.1 Participantes

##### 4.1.1.1 Participantes da avaliação teórica

A avaliação contou com a participação de quatro avaliadoras, das quais duas graduadas e Mestras em Psicologia pela UFMG, uma graduada em Psicologia pela UFMG e Mestra em Neurociências pela UFMG, e uma graduada em Letras pela Universidade de São Paulo (USP) e Mestra em Neurociências pela UFMG. Todas as quatro avaliadoras foram devidamente instruídas sobre a estrutura e o objetivo do teste e não possuíam qualquer vínculo com o estudo. Essa avaliação foi realizada em março de 2021.

##### 4.1.1.2 Participantes da validação por critério externo

Para a validação por critério externo, aproximadamente 450 estudantes, de ambos os sexos (sexo atribuído no nascimento), provenientes de diversos cursos de

graduação e pós-graduação de universidades públicas e privadas do estado de Minas Gerais, foram convidados. Os convites foram enviados por meio de cartas convite por e-mail, visto que as atividades presenciais nas universidades estavam suspensas devido à pandemia da Covid-19 (agosto de 2021).

Do total de estudantes convidados, 66 se dispuseram a participar voluntariamente do estudo (Amostra 1). Entre eles, havia indivíduos das áreas de conhecimento das ciências biológicas (N = 10), exatas (N = 16), humanas (N = 31), sociais (N = 5) e da saúde (N = 4), sendo a maioria cursando graduação, alguns realizando segunda graduação e outros envolvidos em cursos de pós-graduação.

Após o retorno das aulas e atividades presenciais nas universidades, uma segunda população (Amostra 2) foi convidada a participar das aplicações visando ampliar as análises estatísticas para a validação do teste. O objetivo foi atender aos pré-requisitos (tamanho da amostra) do modelo de Rasch para TRI, que avaliou os itens do TAPC.

Essa amostra contou com a participação de 101 estudantes de graduação, considerando os cursos das áreas das ciências biológicas (N = 7), exatas (N = 48), da saúde (N = 13) e humanas (N = 33). Portanto, contando com as duas amostras, um total de 167 indivíduos participaram das aplicações para a validação do TAPC por critério externo. O perfil dos participantes é apresentado pela tabela 1.

Tabela 1 - Perfil da amostra do estudo de validação do TAPC.

N	Sexo*		Idade média (anos)		
	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Geral
Total 167	88	79	28,5	25,3	27,5
Área de formação					
	Biológicas	Exatas	Humanas	Saúde	Sociais
Total	17	64	64	17	5
Escolaridade					
	Graduandos*	Graduados*	Pós-graduandos		
Total	43	28	32		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: Sexo atribuído no nascimento;  
\*Seis dos participantes estavam cursando Psicologia como 2° graduação.

Para participar, os sujeitos deveriam atender aos seguintes critérios:

- a. ter pelo menos 18 anos de idade na data da aplicação do primeiro teste;

- b. não apresentar doenças ou transtornos mentais (como epilepsia, esquizofrenia, transtorno bipolar, autismo, etc.) que pudessem afetar o desempenho do participante;
- c. ser estudante de graduação ou pós-graduação.

As informações relativas aos critérios foram obtidas por meio de um formulário pré-teste preenchido por todos os participantes. Todos eles autorizaram sua participação por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, também incluído no formulário pré-teste. Não foram coletadas informações sobre status socioeconômico, raça ou gênero.

#### 4.1.2 Instrumentos

##### 4.1.2.1 Itens do TAPC

Durante a fase de avaliação teórica (Fase 1) foram apresentados 25 itens, com cinco itens alocados para cada uma das cinco dimensões: “tomada de decisão e resolução de problemas”, “raciocínio verbal”, “teste de hipóteses”, “análise de argumento”, e “probabilidade e incerteza”. As aplicações dos itens ocorreram por meio da plataforma Google Forms, com todos os avaliadores recebendo as mesmas informações e instruções sobre o teste. O desenvolvimento dos itens está descrito no item 4.1.3.

Para a fase de validação por critério externo (Fase 2), foram apresentados 17 itens aprovados durante a fase de avaliação teórica, sendo dois itens de amostra para aprendizado do participante e 15 itens pontuados, distribuídos em três itens para cada uma das cinco dimensões do teste.

##### 4.1.2.2 Teste Não Verbal de Inteligência G-38 (Boccalandro, 2003)

O G-38 é um teste não verbal de inteligência com 38 questões em ordem crescente de dificuldade, envolvendo compreensão de relação de identidade e raciocínio por analogia (Boccalandro, 2003).

Aprovado pelo Conselho Federal de Psicologia, o G-38 tem como finalidade medir a capacidade intelectual do sujeito, analisando a compreensão de relações: identidade simples, identidade com raciocínio por analogia, raciocínio por analogia

envolvendo mudança de posição, raciocínio por analogia do tipo numérico e raciocínio por analogia do tipo espacial. Este tipo de teste é uma ferramenta adequada para avaliar a inteligência fluida (*gf*), como apontado por Nisbett et al. (2012). O G-38 pode ser aplicado tanto individualmente quanto de forma coletiva, em adultos com escolaridade que varia desde o Ensino Fundamental II até o ensino Superior, e tem uma duração máxima de 30 minutos. Além da avaliação quantitativa, o teste também permite a avaliação qualitativa dos sujeitos por meio da análise dos tipos de erros cometidos no teste (Boccalandro, 2003).

#### 4.1.3 Procedimento

O Estudo Preliminar foi conduzido em conformidade com os princípios éticos estabelecidos na Declaração de Helsinque e recebeu a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), registrado sob o número CAAE 73522717.2.0000.5149. Todos os direitos de privacidade foram estritamente respeitados, e os dados obtidos mantidos em total sigilo.

Desenvolvido no Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais (LADI) da UFMG, o estudo não recebeu financiamento específico de órgãos públicos, comerciais ou de organizações sem fins lucrativos. O pesquisador contou com uma bolsa da CAPES DS (Programa de Demanda Social) ao longo do estudo.

##### 4.1.3.1 Desenvolvimento dos itens do TAPC

Os itens do TAPC foram elaborados com base nas fundamentações teóricas sobre desenvolvimento de itens abordada em Pasquali (2009), a partir da teoria de resposta ao item (TRI), e avaliação do pensamento crítico descrito em Halpern (2010).

A TRI se fundamenta no modelo do traço latente, que indica um conjunto de aptidões que o sujeito possui e que auxilia em seu desempenho ao responder a uma tarefa do teste em questão (Junqueira et al., 2017; Pasquali & Primi, 2003; Embretson & Reise, 2000). Esta teoria se propõe a analisar estatisticamente cada item de forma particular, focando em obter escalas sem a necessidade de utilizar um único escore geral obtido em um teste, o que reflete a independência local dos itens, ou seja, a resposta que o sujeito apresentou a um item não é influenciada e não influencia a resposta em outros itens do teste (Andriola, 1998). Cabe destacar que tal teoria é

utilizada para calcular as proficiências dos participantes do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), aplicado no Brasil (Junqueira, Martins e Lacerda, 2017).

A operacionalização do construto e a elaboração dos itens atenderam aos seguintes processos:

- a. fontes dos itens: os itens foram elaborados com base nas cinco dimensões que Halpern (2010) apontou como fundamentais ao pensamento crítico e em itens públicos dos testes de matemática (2012) e ciências (2015) do teste PISA (instrumento do programa da OCDE para avaliação internacional de estudantes; Disponível em: <<https://www.oecd.org/pisa/test/>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2020);
- b. critérios utilizados para construção dos itens (Pasquali, 2009): foram observados os critérios “comportamental”; “de objetividade”; “da simplicidade”; “da clareza”; “da relevância”; “da precisão”; “da variedade”; “da modalidade”; “da credibilidade”; e “do equilíbrio”;
- c. análise teórica dos itens (Pasquali, 2009): a análise teórica abordou a compreensão dos itens (inteligibilidade e semântica) e a pertinência dos itens ao construto que representam (pensamento crítico);
- d. estrutura, dimensões e peso dos itens: optou-se por itens de múltipla escolha em função da celeridade para avaliação e interpretação dos resultados para grande número de aplicações, e pela maior facilidade para aplicação com aquisição de EEG (Estudo Principal – Capítulo 6). Os itens são capazes de avaliar as dimensões “tomada de decisão e resolução de problemas” (TDRP); “raciocínio verbal” (RV); “teste de hipótese” (TH); “análise do argumento” (AA); e “probabilidade e incerteza” (PI). Cada uma das cinco dimensões possui peso específico na pontuação geral do teste para não penalizar, por exemplo, os participantes que não tiveram qualquer educação formal em compreensão de probabilidade/incerteza. Para a avaliação teórica foram apresentados os seguintes valores por dimensão: TDRP: peso 31%; RV: peso 24%; TH: Peso 21%; AA: Peso 15%; PI: Peso 9%, totalizando 100% dos pontos (pesos adaptados de Halpern (2010));
- e. quantidade dos itens (Pasquali, 2009): para a análise teórica foram elaborados 25 itens distribuídos entre as cinco dimensões do teste, sendo cinco para cada dimensão. Cada item conta com quatro possibilidades de resposta, exceto os itens da dimensão “raciocínio verbal”, que contam com três possibilidades de

- resposta;
- f. aplicação do teste: para as avaliações teórica e por critério externo (N = 66), as aplicações ocorreram por meio da plataforma Google Forms, com todos os avaliadores e participantes recebendo as mesmas informações e instruções sobre o teste. Tanto a avaliação dos juízes quanto a validação por critério externo foram realizadas de forma remota (online) devido à pandemia de Covid-19 durante o período de elaboração do teste. Uma segunda população (N = 101) submetida ao TAPC para fins de validação estatística foi avaliada presencialmente, utilizando cadernos de testes, após o retorno das atividades presenciais nas universidades.
  - g. procedimentos experimentais: definiram os processos de aplicação do instrumento piloto, do teste independente, e das coletas válidas de dados para a devida avaliação das qualidades estatísticas do instrumento;
  - h. amostra: a amostra para validação estatística do teste contou com participantes procedentes de programas de graduação e de pós-graduação de universidades públicas e privadas do estado de Minas Gerais.

#### 4.1.3.2 Avaliação teórica – Avaliação de juízes (Fase 1)

A avaliação dos itens envolveu a compreensão por meio da inteligibilidade (qualidade de ser inteligível, ou seja, de ser claro e compreensível) e da semântica (o significado das palavras e a interpretação das frases ou enunciados), além da análise do construto (a exigência de pensamento crítico). Esses aspectos foram avaliados por meio das seguintes perguntas:

- a. inteligibilidade: “Avalie o item de acordo com sua inteligibilidade (Qualidade inteligível, do que se pode entender, compreender, depreender sentido; característica do que é evidente, claro)”. Resposta aceitável para aprovação: “Bom”, em uma escala contendo “Bom”, “Neutro” e “Ruim”;
- b. semântica: “Avalie o item quanto à sua semântica (significado das palavras, interpretação das frases ou dos enunciados)”. Resposta aceitável para aprovação: “Bom”, em uma escala contendo “Bom”, “Neutro” e “Ruim”;
- c. análise do construto: “O item demanda pensamento crítico?”. Resposta aceitável para aprovação: “Sim”, em uma escala contendo “Sim” e “Não”.

Para aprovação, cada item deveria receber resposta aceitável, de no mínimo três dos quatro avaliadores, para as três perguntas. Qualquer sugestão ou orientação sobre o item deveria ser avaliada e respondida pelo autor.

As aplicações dos itens do teste foram realizadas de forma remota (online) devido à pandemia de Covid-19, utilizando a plataforma Google Forms. Todas as avaliadoras receberam as mesmas informações e instruções sobre o teste.

#### 4.1.3.3 Validação por critério externo (Fase 2)

Como critério, optou-se pela validade preditiva com a aplicação do TAPC e, em seguida, a aplicação de um teste independente. Uma vez que, ao longo do estudo, não havia disponível comercialmente um teste específico para avaliar o pensamento crítico na língua portuguesa falada no Brasil, optou-se por utilizar o teste não verbal de inteligência G-38 para a realização das análises estatísticas dos resultados dos testes. A escolha desse teste também foi influenciada pela pandemia da Covid-19, uma vez que podia ser aplicado de forma remota.

Conforme observado por Butler (2012), a maioria dos pesquisadores utiliza o desempenho acadêmico e medidas de aptidão (como notas escolares e resultados de testes padronizados) ou medidas de habilidades cognitivas (como inteligência fluida e testes de raciocínio) para estabelecer a validade de seus instrumentos.

Para a validação por critério externo, optou-se por aplicar primeiro o TAPC e, posteriormente, o G-38 como teste independente. As aplicações de ambos os testes em indivíduos da Amostra 1 (N = 66) foram realizadas de forma remota (online) e em dias diferentes, no período de abril a agosto de 2021. O TAPC foi aplicado por meio da plataforma *Google Forms*, enquanto o G-38 foi aplicado por meio da plataforma da editora do teste. Os processos de aplicação dos dois testes foram supervisionados por psicóloga vinculada ao LADI UFMG, que orientou os participantes quanto aos objetivos dos testes e que deveriam ser realizados em ambiente calmo e com temperatura e luminosidade adequadas, sem sensação de fome, descansados, e sem ajuda de terceiros. As aplicações dos testes no modo remoto se deram em função da pandemia Covid-19, que impediu a realização de atividades presenciais nas universidades, conforme já abordado.

As aplicações do TAPC em indivíduos da Amostra 2 (N = 101), realizadas com o propósito de ampliar as análises estatísticas do teste, ocorreram presencialmente



em salas de aula das universidades participantes, por meio de cadernos de testes. Os processos de aplicação do teste foram supervisionados por uma psicóloga vinculada ao LADI UFMG, que orientou os participantes quanto aos objetivos do teste.

## 4.2 Resultados e Discussão

Na fase inicial do delineamento do estudo principal (descrito no Capítulo 6), chegou-se à conclusão de que o teste Halpern Critical Thinking Assessment – HCTA (Halpern, 2010) apresentava qualidades que o credenciavam a ser utilizado como a ferramenta de avaliação do PC no estudo. O teste já havia sido traduzido e validado para Portugal pelos estudiosos Franco et al. (2018), com os quais foi feito contato para avaliar a possibilidade de uso da versão portuguesa. No entanto, essa solicitação foi negada pelos autores. Diante da resposta negativa recebida dos portugueses, foi solicitada permissão à autora do teste HCTA e à sua editora (SCHUHFRIED) para traduzir e utilizar alguns itens do teste, no entanto, a solicitação foi negada pela editora.

Após análise da literatura relevante, decidiu-se pela elaboração de itens com base em duas principais abordagens: a teoria sobre desenvolvimento de itens descrita por Pasquali (2009), que detalha as fases de desenvolvimento, análise e validação de testes psicométricos, e a teoria sobre avaliação do pensamento crítico, que identifica cinco dimensões relacionadas ao PC e propõe a criação de itens no formato de cenários da “vida real”, conforme discutido por Halpern (2010).

### 4.2.1 Resultados da Avaliação Teórica

A análise teórica resultou na aprovação de 17 dos 25 itens apresentados, com base nas análises de concordância Kappa e Kappa de Fleiss. Os resultados dos testes Kappa estão detalhados na tabela 2.

Tabela 2 - Análises de concordâncias Kappa e Kappa de Fleiss.

Análise		Concordância
<b>Teste Kappa</b>		
Juíza 1 e Matriz do teste	$k = 0,72$ ; $p < 0,001$ ; concordância = 80%	
Juíza 2 e Matriz do teste	$k = 0,73$ ; $p < 0,001$ ; concordância = 80%	
Juíza 3 e Matriz do teste	$k = 0,91$ ; $p < 0,001$ ; concordância = 93,3%	
Juíza 4 e Matriz do teste	$k = 0,82$ ; $p < 0,001$ ; concordância = 86,6%	
<b>Teste Kappa de Fleiss</b>		
Análise		Concordância
Entre juízas	$k = 0,66$ [IC 95%: 0,54-0,79]; $z = 10,64$ ; $p < 0,001$	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Foram observadas concordâncias  $k$ , entre juízas e a matriz de respostas, que variaram entre forte e perfeita e concordância  $k$  forte entre as quatro juízas, de acordo Landis e Koch (1977).

Dos 17 itens aprovados na avaliação teórica, dois foram designados para fins de aprendizado dos participantes, não sendo sujeitos a pontuação, enquanto os outros 15 foram distribuídos nas cinco dimensões do teste, com três itens em cada dimensão, todos passíveis de pontuação. Isso resultou na primeira versão do TAPC. Para as aplicações na fase de validação por critério externo, a distribuição de pontos se deu em função do peso de cada dimensão e pode ser consultada em detalhes na tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição dos pontos do TAPC por item, por dimensão e pontuação total.

Pontuação por Item						Pontuação por Dimensão	
Item	Dimensão	Pontos	Item	Dimensão	Pontos	Dimensão	Pontos
1	TH	7	8	PI	3	TDRP	31
2	PI	3	9	PI	3	RV	24
3	TDRP	10	10	RV	8	TH	21
4	TDRP	11	11	AA	5	AA	15
5	TH	7	12	RV	8	PI	9
6	TDRP	10	13	TH	7	Pontuação Total	
7	AA	5	14	RV	8	100	
			15	AA	5		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os níveis de concordância alcançados, conforme evidenciados pelas análises Kappa, possibilitaram a condução da validação por critério externo.

#### 4.2.2 Resultados da Validação por Critério Externo

As aplicações dos testes TAPC e G-38 na Amostra 1 (N = 66) resultaram em pontuações individuais totais para ambos, bem como em pontuações individuais para cada dimensão do TAPC. No TAPC foi obtida pontuação mínima de 15 pontos e pontuação máxima de 100 pontos (Média = 58,3; D.P. = 16,50). No G-38 foi obtida pontuação mínima de 17 pontos e pontuação máxima de 36 pontos (Média = 28,2; D.P. = 4,10). Os detalhes estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos resultados dos testes TAPC e G-38.

	Teste	N	Mín.	Máx.	Média	D.P.
	Respostas corretas	66	3	15	9,60	2,27
	Pontuação total	66	15	100	58,3	16,50
TAPC	Pontuação Dimensão TDRP	66	0	31	11,0	8,33
	Pontuação Dimensão RV	66	0	24	16,5	7,67
	Pontuação Dimensão TH	66	0	21	11,6	5,69
	Pontuação Dimensão AA	66	4	12	8,9	2,65
	Pontuação Dimensão PI	66	0	12	10,5	2,59
G-38	Pontuação total	52	17	36	28,2	4,10

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: Min. = mínimo; Máx. = máximo; D.P. = Desvio Padrão. Observa-se que do total de sujeitos (N = 66), 14 não participaram das aplicações do G-38.

Considerando a Amostra 1 (N = 66), o teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* indicou que as pontuações totais obtidas por meio dos dois testes se adequaram à distribuição normal ( $p > 0,05$ ) e que os resultados obtidos para cada uma das cinco dimensões do TAPC não se adequaram à distribuição normal ( $p < 0,05$ ). A avaliação da normalidade da distribuição dos dados é primordial para a adequada descrição da amostra e sua análise inferencial (Norman & Streiner, 2014).

Foi observado um coeficiente de correlação Pearson positivo e moderado entre os testes TAPC e G-38 ( $r = 0,47$ ;  $p < 0,05$ ), de acordo com Dancey e Reidy (2017).

Considerando o TAPC e suas dimensões, os coeficientes de correlação de Spearman indicaram correlação positiva e forte entre o teste e a dimensão RV ( $\rho = 0,79$ ;  $p < 0,05$ ), correlações positivas e moderadas entre o teste e suas dimensões TDRP ( $\rho = 0,63$ ;  $p < 0,05$ ), TH ( $\rho = 0,44$ ;  $p < 0,05$ ), e correlações positivas e fracas entre o teste e as dimensões AA ( $\rho = 0,35$ ;  $p < 0,05$ ) e PI ( $\rho = 0,33$ ;  $p < 0,05$ ), de acordo com Dancey e Reidy (2017). Percebe-se que a dimensão TDRP, que possui

maior peso no teste, apresentou menor correlação com o teste geral, quando comparada à dimensão RV.

Ao correlacionar as dimensões do TAPC com o G-38, foram observados coeficientes de correlação Spearman positivos e moderados entre as dimensões TDRP ( $\rho = 0,43$ ;  $p < 0,05$ ) e RV ( $\rho = 0,41$ ;  $p < 0,05$ ) e o G-38, além de correlação positiva e fraca entre a dimensão PI ( $\rho = 0,38$ ;  $p < 0,05$ ) e o G-38, de acordo com Dancey e Reidy (2017).

Considerando a amostra total (Amostra 1 + Amostra 2;  $N = 167$ ), o teste de normalidade Shapiro-Wilk indicou que os dados relativos às pontuações obtidas por meio do TAPC se adequaram à distribuição normal ( $p > 0,05$ ), enquanto as pontuações obtidas de cada uma das cinco dimensões do TAPC não se adequaram à distribuição normal ( $p < 0,05$ ).

Os coeficientes de correlação de Spearman indicaram correlação positiva e forte entre o teste e sua dimensão RV ( $\rho = 0,70$ ;  $p < 0,05$ ), correlações positivas e moderadas entre o teste e suas dimensões TDRP ( $r = 0,62$ ;  $p < 0,05$ ), TH ( $\rho = 0,47$ ;  $p < 0,05$ ), AA ( $\rho = 0,43$ ;  $p < 0,05$ ), e correlação positiva e fraca entre o teste e a dimensão PI ( $\rho = 0,29$ ;  $p < 0,05$ ), de acordo com Dancey e Reidy (2017). Percebe-se que, para a amostra total, a dimensão RV apresentou uma correlação mais forte com o teste em comparação com a dimensão TDRP, assim como ocorreu para a amostra inicial ( $N = 66$ ). Ajustes nos itens destas dimensões são necessários para corrigir essas relações.

Por fim, o modelo de *Rasch* para TRI ( $N = 167$ ) foi analisado. A definição por este modelo é devida à independência dos itens, que é resultado da estrutura proposta para o teste TAPC. Cada uma das cinco dimensões possui três itens independentes, com cenários diferentes e diferentes possibilidades de respostas. Desta forma, a independência local é prevista, o que significa que o desempenho em um item do teste não covaria com o desempenho em outros itens (Borsboom, 2005). Portanto, a estrutura do teste, com base na TRI, prevê uma baixa correlação entre os itens.

A análise de correlações entre os resíduos dos itens do teste (coeficientes Q3) apresentou 105 pares de correlações (15 itens), indicados pela tabela 5, e apenas o par composto pelos itens 8 (PI) e 10 (RV) ( $r = 0,26$ ) se aproximou do limite máximo aceitável ( $r = 0,3$ ), de acordo com Aryadoust et al., 2021 e Christensen et al., 2017. Os resíduos dos itens do teste são definidos como a diferença entre a pontuação esperada em um item, dada a habilidade do respondente, e a pontuação observada no item.

Tabela 5 - Matriz de correlações Q3 - Itens TAPC.

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-TH	—														
2-PI	-0,15	—													
3-TDRP	-0,11	0,13	—												
4-TDRP	-0,19	0,03	-0,01	—											
5-TH	-0,13	-0,05	-0,22	-0,09	—										
6-TDRP	0,01	0,03	-0,02	-0,09	0,12	—									
7-AA	0,11	-0,03	-0,05	0,03	-0,01	-0,08	—								
8-PI	-0,21	0,08	-0,08	-0,09	-0,06	0,02	-0,08	—							
9-PI	0,11	0,13	0,17	-0,08	-0,07	-0,10	-0,10	-0,10	—						
10-RV	-0,15	0,02	-0,04	-0,20	0,11	-0,21	-0,07	0,26	-0,04	—					
11-AA	-0,23	-0,04	0,14	-0,03	0,03	-0,03	-0,11	-0,01	0,00	0,13	—				
12-RV	-0,08	0,05	0,09	-0,01	-0,02	-0,13	-0,09	0,16	0,07	0,17	0,14	—			
13-TH	-0,12	-0,09	0,04	-0,05	0,01	-0,13	-0,06	-0,11	-0,07	0,06	0,03	-0,03	—		
14-RV	-0,13	-0,05	0,00	0,10	0,04	-0,06	-0,07	0,02	-0,02	0,03	0,04	0,11	0,02	—	
15-AA	0,08	-0,17	-0,15	-0,14	-0,12	-0,06	-0,12	-0,11	-0,09	0,06	-0,07	0,02	-0,12	0,01	—

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com base nos valores de correlações apresentados, pode-se considerar a independência local dos itens. A investigação da independência local na análise de Rasch é análoga à investigação da multicolinearidade (que avalia a presença de relação linear substancial entre variáveis) (Aryadoust et al., 2021). Além disso, a média dos valores absolutos da estatística Q3 (0,08;  $p < 0,05$ ) indicou que os dados se adequam ao modelo de Rasch.

As estatísticas dos itens, de acordo com análises Rasch, são apresentadas pela tabela 6.

Tabela 6 - Estatísticas dos itens do TAPC: Modelo de Rasch

Dimensão TDRP						Dimensão RV					
Item	Proporção	Medida	D.P.	Infit	Outfit	Item	Proporção	Medida	D.P.	Infit	Outfit
3	0,62	-0,51	0,16	0,99	0,99	10	0,77	-1,63	0,21	1,01	1,05
4	0,23	1,29	0,19	1,00	1,00	12	0,88	-2,66	0,26	0,96	0,78
6	0,31	0,85	0,17	1,00	1,00	14	0,51	-0,07	0,18	1,00	1,03

Dimensão AA						Dimensão TH					
Item	Proporção	Medida	D.P.	Infit	Outfit	Item	Proporção	Medida	D.P.	Infit	Outfit
11	0,81	-1,45	0,20	1,00	1,00	1	0,36	0,59	0,16	1,00	1,00
7	0,63	-0,54	0,16	1,00	1,00	5	0,48	0,07	0,15	1,00	1,00
15	0,73	-1,01	0,17	1,00	1,00	13	0,79	-1,30	0,19	1,00	1,00

Dimensão PI					
	Proporção	Medida	D.P.	Infit	Outfit
2	0,90	-2,61	0,27	0,99	0,96
8	0,84	-1,94	0,22	1,02	1,02
9	0,94	-3,15	0,34	1,03	1,04

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A tabela 6 apresenta (1) a proporção, que indica a porcentagem da amostra que selecionou corretamente cada item; (2) a medida, que representa o nível de dificuldade de cada item. Quanto menor o valor, menor o nível de dificuldade do item, e quanto maior o valor, maior o nível de dificuldade; (3) o desvio padrão; e (4) Os valores quadráticos médios (*Infit* e *Outfit*) fornecem uma medida da dispersão dos dados, dando mais peso a valores extremos (Aryadoust et al., 2021).

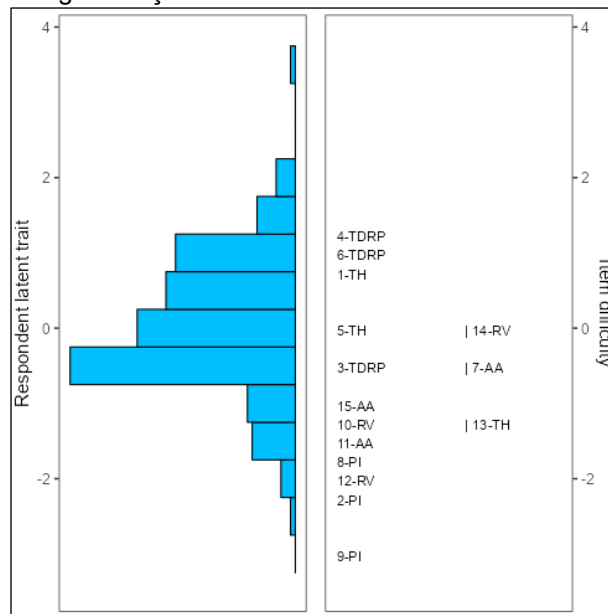
As estatísticas *Infit* e *Outfit* são sensíveis, respectivamente, a padrões de respostas adequadas e inadequadas. Respostas inconsistentes com itens localizados próximos às medidas de habilidade do indivíduo são identificadas pelas métricas *Infit*, enquanto desvios significativos em relação às medidas do indivíduo ou do item são

detectados pelas métricas *Outfit*. O *Infit* mede o quão bem um item discrimina entre respondentes de diferentes níveis de habilidade, enquanto o *Outfit* mede o quão bem um item se ajusta ao modelo de Rasch em diferentes níveis de habilidade. O valor esperado é 1 para ambos os casos, e os valores considerados aceitáveis situam-se no intervalo de 0,7 a 1,3. Isso foi observado em todos os itens do TAPC (Aryadoust et al., 2021; Linacre, 2019; Linacre, 2002). Cabe ressaltar que, apesar de situar-se dentro dos limites aceitáveis, o valor de *Outfit* (0,78) apresentado para o item 12 (RV) indicou a necessidade de ajustes no item.

Os valores da variável “Medida” indicaram o item 4 (medida: 1,29; Dimensão: TDRP; respondido corretamente por 23% dos participantes) como o de maior nível de dificuldade e o item 9 (medida: - 3,15; Dimensão: PI; respondido corretamente por 94% dos participantes) como o de menor nível de dificuldade.

A análise de Rasch também apresentou, graficamente, a distribuição dos itens de acordo com o nível de dificuldade. Os gráficos de Wright, apresentados na figura 1, ilustram como o nível geral do traço latente - que representa uma característica não observável inferida com base em observações ou medições associadas a ela - nos participantes do TAPC está associado ao nível de dificuldade dos itens (Van Zile-Tamsen, 2017).

Figura 1 - Gráfico Wright: Traço latente dos indivíduos e nível de dificuldade dos itens.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tanto para o eixo representando o traço latente (gráfico de barras), ou nível de habilidade do participante, quanto para o eixo representando o nível de dificuldade

dos itens, o valor 0 (zero) significa a média; os valores 2 e -2 indicam 2 desvios padrão, e o valor 4 indica 4 desvios padrão.

De maneira geral, o critério de equilíbrio, conforme sugerido por Pasquali (2009), foi atendido. No entanto, com base nos gráficos, pelo menos dois ajustes podem ser realizados: (1) elevar o nível de dificuldade dos itens 9 e 2 (PI), para que estejam em conformidade com a faixa do 1º desvio padrão da média, e (2) elevar o nível de dificuldade dos itens 10 e 12 (RV) para que estejam alinhados com o peso da dimensão. Essas alterações também podem corrigir a relação da dimensão com o teste em termos de correlação, quando comparada à dimensão TDRP.

Ainda de acordo com o gráfico, os itens 5 e 14, 3 e 7, e 10 e 13 podem ter medido a mesma habilidade para a amostra testada. O ideal é que todos os itens se posicionem distintamente no eixo do nível de dificuldade do item. A aplicação do teste em uma amostra maior poderá confirmar tal fato e indicar a necessidade de ajustes nos itens 14, 7 e 13.

Por fim, as análises de Rasch apresentaram o valor de 0,42 para confiabilidade do indivíduo, classificando-a como moderada. Esta confiabilidade aponta para a capacidade de reprodução das medidas dos indivíduos caso sejam testados novamente em outra ocasião (Aryadoust et al. 2022).

A confiabilidade do indivíduo apresentada (0,42) é um critério fundamental, embora não seja suficiente, para avaliar a qualidade da medição. Ela aponta para a capacidade de reprodução das medidas dos indivíduos caso sejam testados novamente em outra ocasião. À medida que os coeficientes de confiabilidade diminuem ( $< 0,80$ ), torna-se progressivamente mais difícil identificar grupos distintos de itens e/ou indivíduos. Uma alta confiabilidade indica uma elevada probabilidade de que os participantes do teste com alta habilidade, de fato, possuam medidas de alta habilidade, ao passo que os participantes com baixa habilidade tenham medidas baixas. A confiabilidade é calculada com base na variância real e observada; portanto, uma baixa confiabilidade pode simplesmente sugerir uma variabilidade limitada nos dados e/ou uma amostra homogênea (Aryadoust et al. 2022).

Uma nova aplicação do TAPC que seja capaz de aumentar consideravelmente o tamanho da amostra, incluindo uma população diversa (alunos de diversos cursos de graduação de universidades públicas e privadas) para elevar a variabilidade, pode elevar a confiabilidade do indivíduo, aproximando-a dos valores ótimos.



### 4.3 Conclusão – Estudo Preliminar

As informações e resultados apresentados neste estudo mostraram que a elaboração do teste atendeu aos objetivos propostos, bem como aos critérios teóricos delineados por Pasquali (2009) e Halpern (2010). As análises estatísticas, incluindo as concordâncias *Kappa* e *Kappa de Fleiss*, as correlações entre o teste e suas cinco dimensões, além das análises de Rasch, forneceram respaldo para a utilização do teste no Estudo Principal (Capítulo 5).

Existem algumas limitações que precisam ser destacadas. A pandemia Covid-19 teve um impacto direto em dois aspectos cruciais: o tamanho da amostra estudada e a forma de aplicação dos testes TAPC e G-38, na fase de validação por critério externo. Em um cenário em que as universidades estivessem operando normalmente, teria sido possível estabelecer um contato direto e presencial entre o pesquisador, os professores e alunos. Isso, por sua vez, poderia ter impactado positivamente no recrutamento de um número maior de participantes para o estudo.

Uma amostra mais extensa teria proporcionado uma análise estatística que resultasse em descobertas mais robustas em relação às correlações investigadas.

Outra variável que poderia ter sido explorada com uma amostra maior é a correlação entre o pensamento crítico (PC) e a inteligência cristalizada (*gc*). Isso poderia ser alcançado por meio da aplicação de um teste específico para medir esse construto, proporcionando, assim, elementos adicionais sobre as relações entre diferentes aspectos cognitivos.

Adicionalmente, alguns ajustes podem ser considerados para otimizar os itens em relação ao critério de equilíbrio, com foco especial nos itens 2 e 9 (PI) e 10 e 12 (RV), visando aumentar a consistência do teste.

Portanto, com os devidos ajustes e correções, o TAPC pode representar uma contribuição significativa para a avaliação do pensamento crítico na língua portuguesa e desempenhar um papel importante na promoção dessa habilidade fundamental em diversos contextos educacionais e profissionais. Este estudo abre portas para futuras investigações e aplicações práticas do TAPC, enriquecendo o campo da avaliação cognitiva e do pensamento crítico.

Com base nos resultados do Estudo Preliminar, foi possível definir o protocolo seguido no Estudo Piloto, apresentado no apêndice S.

## 5 ESTUDO PRINCIPAL: Diferenças de grupo no TAPC: estatísticas e EEG

### 5.1 Método

Para o Estudo Principal foi adotado o método transversal, do tipo associativo.

#### 5.1.1 Participantes

Anteriormente foi realizado o cálculo amostral por meio do software *G\*Power* (Faul et al., 2009) para determinar o número de participantes do estudo (N). Foram considerados o teste *ANOVA* de uma via (para a comparação das médias do teste TAPC entre os grupos das três áreas de conhecimento estudadas) e a correlação de Pearson (entre os testes cognitivos utilizados). Os resultados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Cálculo amostral para teste Anova de uma via e correlação de Pearson.

Cálculo amostral para teste <i>ANOVA</i> de uma via		
Análise "A priori" - Estipula tamanho da amostra necessário		
Entrada:	Tamanho do efeito $f$	0,6
	$\alpha$ err prob	0,05
	Poder ( $1-\beta$ err prob)	0,80
	Número de grupos	3
Saída:	Parâmetro de não centralidade $\lambda$	108.000,000
	F Crítico	33.541,308
	Numerador df	2
	Denominador df	27
	Tamanho da amostra	30
	Poder atual	0,8004441
Cálculo amostral para correlação <i>Pearson</i> : modelo normal bivariado		
Análise "A priori" - Estipula tamanho da amostra necessário		
Entrada:	Extremidades	2
	Correlação $\rho$ H1	0,3
	$\alpha$ err prob	0,05
	Poder ( $1-\beta$ err prob)	0,80
	Correlação $\rho$ H0	0
Saída:	$r$ crítico inferior	0,2026735
	$r$ crítico superior	0,2026735
	Tamanho da amostra	67
	Poder atual	0,8032714

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Os valores de entrada foram baseados nos resultados obtidos no estudo de validação do teste TAPC (Capítulo 4 - Estudo Preliminar) e são aceitáveis para pesquisas nas áreas de ciências biológicas e humanas. De acordo com os resultados de tamanho de amostra apresentados pelo software *G\*Power* (30 indivíduos por grupo, para o teste Anova; 67 indivíduos, para correlação de Pearson), o número total de participantes do estudo foi suficiente para as análises estatísticas.

Na primeira fase, que envolveu a aplicação de três testes cognitivos, o estudo contou com a participação de 192 estudantes de graduação distribuídos em três grupos de diferentes áreas de conhecimento: 1) Ciências Biológicas; 2) Ciências Exatas; e 3) Ciências Humanas. Os participantes, de ambos os sexos (sexo atribuído no nascimento), foram recrutados de universidades pública e privadas localizadas na cidade de Belo Horizonte, MG.

Todos os participantes foram convidados por meio de um primeiro contato entre o pesquisador e professores vinculados às três áreas de conhecimento. Esse contato foi seguido por uma interação posterior com os alunos em sala de aula, na qual os objetivos e procedimentos da pesquisa foram explicados. Todos participaram de forma voluntária, leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foi estabelecido contato com professores de diversas instituições de ensino superior para obter uma amostra variada. Entretanto, em alguns casos, não houve resposta, enquanto em outros, ocorreu recusa em participar, por diversas razões.

O perfil dos participantes do estudo é apresentado pela tabela 2.

Tabela 2 - Perfil básico dos participantes.

N	Sexo		Idade				Idade média	
	Feminino	Masculino	Min.	Max.	Média	D.P.	Feminino	Masculino
192	91	101	17,5	68,5	26,2	10,3	30,2	22,8
	47,4%	52,6%						

Fonte: Elaborada pelo autor (2023). Nota: Sexo atribuído no nascimento;

Os três grupos, que foram delineados a partir do aceite da parte dos alunos convidados, são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Descrição dos grupos do estudo, com cursos de graduação e tipo de universidade.

Grupo 1 - Ciências Biológicas			Grupo 2 - Ciências Exatas		
Graduação	Universidade		Graduação	Universidade	
Ciências Biológicas	Pública		Eng. Aut. Controle Eng. Elétrica Eng. Eletrônica Eng. Metalúrgica	Pública	
N	Fem.	Masc.	N	Fem.	Masc.
32	20	12	86	16	70
Grupo 3 - Ciências Humanas			N total = 192		
Graduação	Universidade				
Psicologia	Pública e Privada				
N	Fem.	Masc.			
74	55	19			

Fonte: Elaborada pelo autor (2023). Nota: Sexo atribuído no nascimento.

Dos 192 indivíduos, 36 participaram da segunda fase do estudo, que envolveu aquisições de eletroencefalograma (EEG). O número de participantes previsto para o estudo com EEG foi de 30 indivíduos. Os participantes estão detalhados na tabela 4, categorizados por suas áreas de conhecimento e sexo.

Tabela 4 - Participantes das aquisições de EEG.

	Ciências Biológicas		Ciências Exatas		Ciências Humanas	
	Sexo		Sexo		Sexo	
	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.
	8	4	0	18	5	1
N	12		18		6	
N total			36			

Fonte: Elaborada pelo autor (2023). Nota: Sexo atribuído no nascimento.

Critério de exclusão: Indicação, no questionário sobre saúde geral, de que o participante sofria de transtornos mentais (p.ex. epilepsia, esquizofrenia, transtorno bipolar, autismo/síndrome de Asperger, etc.) ou fazia uso de medicamentos que pudessem impactar seu desempenho.

Considerou-se a exclusão dos dados de dois participantes das aplicações dos três testes cognitivos e das aquisições de EEG. Um deles relatou surdez total no ouvido esquerdo, e o outro indicou ter sofrido um AVC. No entanto, tanto os resultados dos testes cognitivos quanto os resultados do EEG mostraram-se dentro da normalidade. Assim, seus dados foram incluídos nas análises.

É importante ressaltar que informações relacionadas ao status socioeconômico, raça e gênero não foram coletadas para o estudo.

## 5.1.2 Instrumentos e técnicas utilizados

### 5.1.2.1 TAPC - Teste para Avaliação de Pensamento Crítico

O TAPC foi elaborado com base nas fundamentações teóricas sobre desenvolvimento de itens abordadas por Pasquali (2009) e sobre avaliação do pensamento crítico abordada por Halpern (2010). O teste é capaz de avaliar as cinco dimensões que Halpern (2010) identifica como fundamentais para o pensamento crítico (PC): 1) tomada de decisão e resolução de problemas; 2) raciocínio verbal; 3) teste de hipóteses; 4) análise de argumento; 5) probabilidade e incerteza.

O TAPC é composto por 15 itens pontuados, sendo três itens por dimensão, precedidos por um formulário para coleta de informações sobre o participante e por dois itens de aprendizagem.

O teste foi utilizado para aplicação geral (N = 192) e para aplicação com aquisição de dados de EEG (N = 36), de formas distintas. Para a aplicação geral, foram utilizados 10 itens (dois por dimensão) apresentados em um caderno específico. O nível de dificuldade dos itens foi devidamente considerado, observando-se o critério do equilíbrio, conforme descrito por Pasquali (2009). Foram aplicados três itens de nível fácil, cinco itens de nível moderado e dois itens de nível difícil. Os itens para a aplicação geral podem ser verificados no Apêndice A.

Para a aplicação com aquisição de EEG, foram utilizados cinco itens (um por dimensão) apresentados por meio da plataforma *Testable*. O nível de dificuldade dos itens também foi cuidadosamente considerado, seguindo o critério de equilíbrio. Foram aplicados um item de nível fácil, dois itens de nível moderado e dois itens de nível difícil. Esses itens podem ser verificados no Apêndice B.

A fundamentação teórica e validação estatística do TAPC foram descritas no Capítulo 4 (Estudo Preliminar).

### 5.1.2.2 Itens PISA – para avaliação da inteligência cristalizada (gc)

Foram selecionados, por meio de análise da TRI, seis dos 16 itens de testes

PISA apresentados por Colom e Flores-Mendoza (2007) e administrados a adolescentes de 15 anos em cinco escolas localizadas em Belo Horizonte. De acordo com Rindermann et al. (2015), testes PISA de leitura, matemática e ciências demandam inteligência cristalizada (*gc*). Foram selecionados dois itens de nível fácil, dois itens de nível moderado e dois itens de nível difícil, observando-se o critério do equilíbrio. Os seis itens, que foram aplicados em todos os participantes (N = 192), podem ser observados no Apêndice C.

#### 5.1.2.3 RG 136 - Forma B1 – para avaliação de raciocínio abstrato (*gf*)

O Teste de Inteligência RG-136 - Forma B1, que foi utilizado para avaliar inteligência fluida (*gf*), é baseado nos Testes Não Verbais de Inteligência R-1 e G-36, que são capazes de avaliar raciocínio abstrato. O teste possui 14 itens.

O teste R-1 foi desenvolvido por Oliveira (1973). Sua precisão foi minuciosamente avaliada para cada fator e para o instrumento como um todo, com resultados classificados de muito boa a excelente: o Fator 1 e o instrumento global exibiram coeficientes alfa mais robustos (0,93 para ambas as medidas) em comparação com o Fator 2 (0,84). Além disso, na aplicação da fórmula de Spearman-Brown, o Fator 1 obteve o coeficiente mais elevado (0,90), enquanto o Fator 2 e o instrumento completo apresentaram coeficientes ligeiramente menores (0,80 e 0,81, respectivamente) (Santos et al., 2005).

O teste G-36 foi concebido por Boccacandro (1966). Uma detalhada investigação de sua confiabilidade foi conduzida em 2003, empregando a técnica de split-half, e o resultado obtido, após correção utilizando a fórmula de Spearman-Brown, alcançou 0,83. Quanto à sua padronização, o instrumento foi originalmente aplicado em uma amostra de 1.515 indivíduos, abrangendo os níveis de ensino fundamental, médio e superior, conforme detalhado por Santos et al. (2005).

As pesquisas conduzidas com o teste RG136 - Forma B1 demonstraram sólidas propriedades psicométricas. A consistência interna (alfa) atingiu 0,80, enquanto a validade convergente foi confirmada por uma correlação positiva de 0,60 entre o teste e o Teste de Inteligência (TI), conforme Rueda & Castro (2012).

Para fins práticos, o teste será referido apenas como B1 ao longo do estudo.

#### 5.1.2.4 Testable - Plataforma para aplicação de testes

Para a aplicação dos cinco itens do TAPC com aquisição de EEG, foi utilizada a plataforma *Testable* (Rezlescu et al., 2020), configurada em um notebook e operada com o auxílio de um mouse. Essa plataforma permitiu a configuração e a apresentação dos itens no mesmo formato encontrado no caderno de testes para aplicação geral (N = 192). Além disso, ela facilitou a execução do teste, reduzindo a necessidade de movimentação muscular por parte dos participantes e, conseqüentemente, minimizando artefatos e ruídos relacionados a essa movimentação nos registros de EEG. A plataforma pode ser acessada por meio do endereço: [www.testable.org](http://www.testable.org).

A aplicação dos itens por meio da plataforma é feita da seguinte maneira:

A tela inicial do teste inclui um campo onde o pesquisador insere o nome completo do participante, juntamente com um botão 'Seguinte' que deve ser clicado para avançar. Na segunda tela, são fornecidas instruções detalhadas para o participante seguir durante a execução do teste. A tela seguinte introduz o primeiro item de demonstração, que o pesquisador deve ler em voz alta para o participante e explicar como responder corretamente. É enfatizada a importância de permanecer imóvel durante o teste, mantendo a mão sobre o mouse e movendo-a apenas para marcar a resposta. Após selecionar a resposta, o participante deve clicar no botão 'Seguinte' para prosseguir.

Após a resolução do segundo item de demonstração, o participante é direcionado para a tela que indica que o teste com os itens pontuados pode ser iniciado por ele. Cada item apresenta um cenário específico, uma pergunta relacionada a esse cenário e opções de resposta, sendo que apenas uma delas pode ser escolhida. É necessário responder a todos os itens para avançar nas telas. Após concluir a resposta ao quinto item, o participante deve clicar no botão 'Finalizar' para encerrar o teste. Os resultados são automaticamente registrados e armazenados pela plataforma. O pesquisador pode acessar os resultados dos participantes por meio de uma planilha do Microsoft Excel, gerada pela plataforma. Imagens das telas do *Testable* utilizadas durante a execução dos itens podem ser encontradas no Apêndice D.

O uso do *Testable* também permitiu a observação dos sinais de referência temporal para a identificação do início e do fim de cada um dos cinco itens TAPC nos dados contínuos de EEG, por meio do uso do mouse. O sinal elétrico gerado pela

pressão no botão de seleção do mouse, especificamente adaptado para essa atividade, foi conectado a uma entrada auxiliar do equipamento EEG e, conseqüentemente, também foi registrado nos dados de EEG.

Dessa forma, foi possível identificar os momentos de início, marcação da resposta e finalização de cada um dos cinco itens do teste nos registros individuais de EEG. Como as respostas foram definidas como obrigatórias, o ciclo completo da atividade, desde o início do primeiro item até a conclusão do teste, foi registrado para todos os participantes. O Apêndice E apresenta uma aquisição completa com a aplicação do teste, onde também é possível observar o registro gerado pela atividade com o mouse.

#### 5.1.2.5 Equipamento para eletroencefalograma

Para aquisição dos dados de eletroencefalograma foi utilizado equipamento do modelo BWII EEG, produzido pela Neurovirtual, que utiliza o software *BW Analysis* versão 1.100.0.181 x64 PDV26. O equipamento pertence ao CEFALA (Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música – Laboratório da Escola de Engenharia UFMG), onde foram realizadas todas as aquisições. O instrumento, que é certificado pelo Inmetro, possui as características técnicas apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 - Características técnicas do BWII EEG.

Conversor analógico/digital		Entrada e amplificação	
Características	Valores	Características	Valores
Resolução	12 Bits	Storage rate	200 Hz
Tempo de conversão	15 $\mu$ S	Canais AC	Até 32 canais
Fluxo de Dados	Microproc.	Sensibilidade	1 $\mu$ V a 500 $\mu$ V
Taxa de amostragem	1.000 Hz	Filtro de baixa	0,16 Hz a 10 Hz
		Filtro de alta	15 Hz a 100 Hz
		Faixa de Frequência	0,16 Hz a 100 Hz
		Impedância de entrada	> 50 M $\Omega$

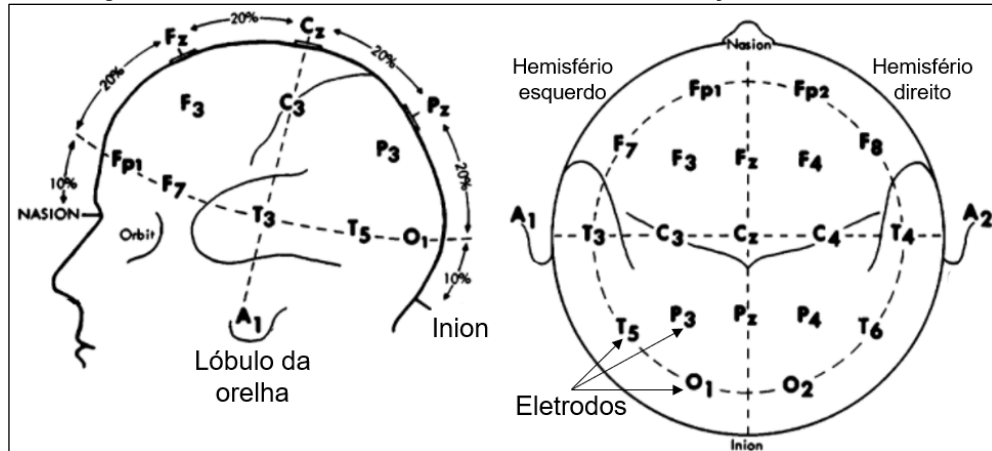
Fonte: Elaborada pelo autor (2023). Adaptada de Neurovirtual (2009).

Para as aquisições foi utilizado o Sistema Internacional 10-20, que apresenta o padrão para posicionamento dos eletrodos no escalpo criado pelo comitê da *International Federation of Societies for Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. Este sistema permite coletar informações de 19 pontos localizados ao longo do escalpo, além dos pontos de referência (REF), eletro-oculograma (EOG)



e aterramento (GND) (Ferreira et al., 2010). A figura 1 ilustra o Sistema Internacional 10-20.

Figura 1 - Sistema Internacional 10-20 com a distribuição dos eletrodos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Adaptada de “Manual do Técnico em EEG” (Ferreira et al., 2010).  
 Nota. Fp: fronto polar; F: frontal; T: temporal; C: central; P: parietal; O: occipital; Ímpares: eletrodos situados no hemisfério esquerdo; Pares: eletrodos situados no hemisfério direito; z: ponto zero, considerando a linha que separa os dois hemisférios.

A touca para eletroencefalografia, usada para correto posicionamento dos eletrodos, pertence ao modelo MSCcap-26 produzido pela *Medical Computer Systems Ltd.* e atende às especificações do Sistema Internacional 10-20.

Os eletrodos utilizados usados são do tipo Ag/AgCl passivos, também produzidos pela *Medical Computer Systems Ltd.*, e necessitam de gel condutor apropriado. Este tipo específico de eletrodo não entra em contato com o couro cabeludo, o que torna imprescindível a utilização de gel condutor que serve como contato entre as duas partes.

Como ponto de referência para os eletrodos foi utilizado o ponto A2 (lóbulo da orelha direita). Para o eletro-oculograma (EOG), e posterior eliminação de artefatos relativos aos movimentos oculares, foi utilizado o ponto médio entre a sobrancelha esquerda e o eletrodo Fp1.

#### 5.1.2.6 Brainstorm – Plataforma para tratamento de sinais de EEG

O software *Brainstorm* foi utilizado para tratamento dos registros de EEG. Trata-se de uma ferramenta de código aberto baseado no MatLab e dedicada à visualização e processamento de dados de magnetoencefalografia (MEG) e eletroencefalografia (EEG), com ênfase nas técnicas de estimativa de fonte cortical e sua integração com dados de ressonância magnética (MRI) (Tadel et al., 2011). Foi utilizada a versão

3.230322 do software.

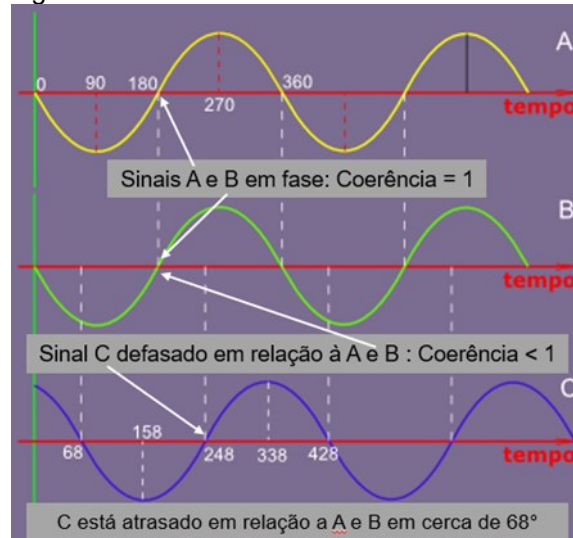
O *Brainstorm*, delineado por pesquisadores da *University of Southern California (USC)*, está documentado e disponível gratuitamente para download on-line sob licença pública geral por meio do link: <https://neuroimage.usc.edu/brainstorm/Introduction>.

#### 5.1.2.7 Técnica para processamento e análise estatística de sinal de EEG.

Para atender aos objetivos específicos que envolvem a comparação de sinais de EEG entre grupos distintos, optou-se por utilizar a técnica de análise de Coerência EEG. Essa abordagem permite quantificar a relação linear entre dois eletrodos em diferentes áreas do cérebro no domínio de frequência. Isso proporciona uma medida quantitativa da dependência linear entre essas regiões cerebrais distantes, conforme refletida em sua atividade EEG (Kang, Ojha, Lee & Lee, 2017).

A Coerência, em essência, representa uma medida da consistência das diferenças de fase ao longo de um intervalo de tempo específico e pode ser comparada a um coeficiente de correlação elevado ao quadrado, dependendo do número de graus de liberdade utilizados para estimar essa consistência nas diferenças de fase. Os valores de Coerência EEG estão dentro de uma faixa de 0 a 1, onde 0 significa que os componentes de frequência correspondentes de ambos os sinais (p.ex. sinais de dois eletrodos) não estão correlacionados; 1 significa que os componentes de frequência dos sinais estão totalmente correlacionados com deslocamentos de fase constantes, embora possam apresentar diferenças na amplitude (Kang, Ojha, Lee, & Lee, 2017; Weiss & Mueller, 2003). A alta coerência observada entre os sinais de EEG registrados em diferentes áreas do couro cabeludo sugere um aumento na interação funcional entre as redes neuronais subjacentes (Thatcher et al., 2008; Jaušovec e Jaušovec, 2005). A figura 2 apresenta sinais senoidais em fase (coerência = 1) e defasados (coerência < 1).

Figura 2 - Sinais senoidais em fase e defasados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Adaptada de eletronPi (2017).

Na análise espectral, os sinais de EEG são transformados do domínio do tempo para o domínio de frequência, o que é tipicamente realizado pela transformada de Fourier (FT). A FT exibe as propriedades dos dados como uma função da frequência e estima o espectro de frequência do sinal (espectro de potência). A multiplicação da transformada de Fourier de um sinal pela conjugada complexa de outro sinal gera o espectro cruzado de potência.

A função de coerência é obtida pela normalização do espectro cruzado de potência e é basicamente expressa como Coerência ao quadrado. A Coerência ( $C$ ) em uma frequência ( $f$ ) para dois sinais  $i$  e  $j$  é derivada do espectro cruzado de potência  $|S_{ij}(f)|$  e dos dois espectros auto correspondentes,  $S_{ii}(f)$  e  $S_{jj}(f)$ :

$$C_{ij}(f) = \frac{|S_{ij}(f)|}{\sqrt{S_{ii}(f) * S_{jj}(f)}}$$

Onde:  $|S_{ij}(f)|$  é a magnitude do espectro cruzado entre os sinais  $i$  e  $j$ ,  $S_{ii}$  é o auto espectro do sinal  $i$  e  $S_{jj}$  é o auto espectro do sinal  $j$  (Guevara & Corsi-Cabrera, 1996; Kang, Ojha, Lee, & Lee, 2017; Weiss & Mueller, 2003).

Foram calculadas 171 medidas de Coerência para cada faixa de frequência, considerando todos os participantes, a partir de todas as combinações possíveis de pares dos 19 canais. Essas medidas foram usadas para elaborar gráficos e realizar análises estatísticas no estudo.

Posto isso, a principal distinção entre a aquisição de EEG realizada com um participante em repouso e a aquisição feita durante a execução dos cinco itens do teste TAPC é que, no segundo caso, é necessário identificar e recortar o registro

correspondente ao Item 2 do teste para tratamento posterior.

A partir deste ponto, as técnicas de tratamento para ambos os tipos de aquisições seguiram os seguintes passos:

1. realização de uma inspeção visual completa de toda a aquisição, a fim de identificar possíveis falhas e artefatos/ruídos graves;
2. supressão manual de artefatos/ruídos graves, incluindo a rejeição de segmentos de tempo afetados;
3. processamento do gráfico da densidade espectral de potência (PSD *Welch*) para avaliar o nível de ruído presente na aquisição;
4. supressão de ruídos externos usando um filtro *Notch* (por exemplo, para eliminar ruídos gerados pela rede elétrica a 60 Hz);
5. identificação e remoção de artefatos/ruídos causados por piscadas, movimentos oculares e outros tipos de artefatos por meio do método *Picard* para Análise de Componentes Independentes (ICA - *Independent Component Analysis*);
6. divisão do registro tratado e livre de ruídos em janelas de *Hanning* de 2 segundos (conforme descrito por Fingelkurts & Fingelkurts, 2010) para posterior processamento dos valores de Coerência EEG registrados durante a atividade;
7. processamento das janelas geradas para obter os valores de Coerência EEG (coerência ao quadrado da magnitude) para todo o espectro registrado (de 0 Hz a 30 Hz);
8. filtragem dos valores de Coerência EEG para as bandas Theta (4 Hz a 7,5 Hz), Alpha (8 Hz a 12 Hz) e Beta 1 (12,5 Hz a 21 Hz) e Beta 2 (21 Hz a 30 Hz). Estes limites de faixa foram definidos apenas para o Estudo Principal;
9. processamento dos elementos gráficos da Coerência EEG, que indicam interação funcional entre eletrodos ou regiões corticais, nas faixas de frequência e grupos estudados. Todos esses passos foram descritos por Tadel et al. (2011).

Para efeitos de comparações gráficas e análises estatísticas, foram considerados o registro em repouso e o registro relativo ao item 2 do TAPC (que apresenta nível de dificuldade “Difícil”) de todos os participantes (N = 36).

Os parâmetros utilizados para setup do equipamento BWII EEG, assim como os parâmetros do Brainstorm para tratamento dos dados, estão descritos no Apêndice

F.

Após o processamento dos dados de EEG, as análises estatísticas incluíram:

1. realização do teste *t* de *Student* para comparar as médias dos valores do espectro de potência (PSD *Welch*) entre os registros originais de EEG (não tratados) e os registros tratados para supressão de artefatos e ruídos externos, considerando todos os participantes e os dois tipos de aquisições. O objetivo é garantir que não haja diferenças significativas entre o registro tratado e o registro original ( $p > 0,05$ );
2. classificação dos valores de Coerência EEG em escalas de 100% a 90%, de 89% a 80% e de 79% a 70% do valor máximo apresentado em cada faixa de frequência estudada para todos os participantes. O objetivo é apresentar os valores de maior magnitude e, assim, facilitar a visualização das diferenças encontradas;
3. realização do teste *t* de *Student* para comparar as médias dos valores de Coerência EEG, levando em consideração os tipos de aquisições, faixas de frequências e grupos estudados.

#### 5.1.2.8 IBM SPSS Statistics

O software SPSS Versão 25 foi utilizado para algumas análises estatísticas no Estudo Preliminar e no Estudo Principal.

#### 5.1.2.9 Microsoft Excel

O software Excel do Microsoft 365 foi utilizado para formatação das tabelas apresentadas no estudo.

#### 5.1.2.10 Jamovi Software

O software estatístico Jamovi versão 2.3.28.0 foi utilizado para algumas análises estatísticas no Estudo Preliminar e no Estudo Principal.

#### 5.1.2.11 Orange Data Mining

A ferramenta Orange versão 3.35.0 foi utilizada para construção de gráficos apresentados no Estudo Principal.

#### 5.1.2.12 Notebooks

Um notebook *DELL Inspiron 3450* foi utilizado para as aquisições de EEG (modelo compatível com o equipamento BWII EEG).

Para as aplicações dos itens TAPC com aquisição de EEG, tratamento dos dados e todas as análises estatísticas, foi utilizado um notebook *Lenovo Ideapad S145*.

#### 5.1.2.13 Ambiente para aplicação dos testes

As aplicações dos testes TAPC, PISA e B1 para os participantes dos três grupos (N = 192) ocorreram de forma presencial, em sala de aula das universidades de origem dos participantes ou no laboratório CEFALA.

As aplicações do TAPC com a aquisição de dados de EEG (N = 36) foram realizadas em uma sala reservada do Laboratório CEFALA. Esta sala possui isolamento acústico e eletromagnético, e foi projetada para minimizar quaisquer estímulos externos, como ruído, luz, cheiro, etc., que pudessem desviar a atenção do participante e afetar adversamente a execução da tarefa ou a coleta de dados de EEG.

### 5.1.3 Procedimento

O estudo foi conduzido de acordo com os princípios éticos estabelecidos na Declaração de Helsinque e foi devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) sob o número de registro CAAE 73522717.2.0000.5149. Os direitos de privacidade foram plenamente observados e todos os dados estão mantidos em sigilo.

Desenvolvido nos Laboratório de Avaliação das Diferenças Individuais (LADI UFMG) e Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música (CEFALA – Escola de Engenharia UFMG), o estudo não contou com nenhuma verba específica

de órgãos financiadores do setor público, comercial ou de organizações sem fins lucrativos. O pesquisador contou com uma bolsa da CAPES DS (Programa de Demanda Social) ao longo do estudo.

Antes do início das atividades, todos os participantes foram informados quanto ao caráter voluntário da pesquisa e que todos os dados obtidos seriam tratados com sigilo, de acordo com o protocolo exigido pelo CEP. Todos leram e assinaram o TCLE 1 (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 1 - Apêndice G), autorizando suas participações. Os participantes das aquisições de EEG também leram e assinaram o TCLE 2 (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 2 – Apêndice H).

A pesquisa, propriamente dita, foi composta por três fases distintas:

#### 5.1.3.1 Fase 1: Aplicação geral dos testes TAPC, PISA e B1

Fase composta pelas aplicações dos testes TAPC (avaliação de *PC*, com 10 itens), PISA (avaliação de *gc*, com 6 itens), e B1 (avaliação de *gf*, com 14 itens), nesta ordem, em toda a população do estudo ( $N = 192$ ). As aplicações ocorreram sob supervisão de psicóloga vinculada ao LADI UFMG.

Antes das aplicações cada participante recebeu o TCLE 1, para leitura e assinatura, além de uma folha de respostas unificada para os três testes (Apêndice G). Após leitura e assinatura do TCLE, os participantes receberam informações sobre o preenchimento da folha de respostas e sobre as execuções dos testes.

Cada um dos três testes continha um item de aprendizagem, que foi explicado e conduzido pelo pesquisador. Somente após a execução deste item, cada teste foi iniciado. Cada um deles foi administrado em um caderno específico, com uma duração máxima de 15 minutos. Quando o tempo limite era atingido, a aplicação era interrompida e o teste recolhido, mesmo que o participante não o tivesse concluído. Portanto, cada atividade teve uma duração aproximada de 60 minutos, desde a leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) até a finalização do terceiro teste.

A partir dos resultados obtidos nas aplicações do TAPC (pontuações individuais que variaram de 13 a 100 pontos;  $N = 192$ ), os cinco participantes com as maiores pontuações no quartil 75 e os cinco participantes com as menores pontuações no quartil 25, em cada um dos três grupos (biológicas, exatas e humanas), foram convidados a participar das aplicações dos cinco itens do TAPC com aquisição de

EEG. Portanto, foram convidados 30 indivíduos que apresentaram alto ou baixo desempenho no TAPC.

Esta fase foi iniciada em outubro de 2022 e finalizada em junho de 2023.

#### 5.1.3.2 Fase 2: Aplicação do TAPC com aquisição de EEG

Composta pelas aplicações dos cinco itens do TAPC com aquisições de dados de EEG.

Dos 30 indivíduos convidados para esta fase, 16 recusaram o convite. Portanto, para atingir o número proposto de participantes para as aquisições de EEG ( $N = 30$ ), outros participantes localizados nos quartis 75 (alto desempenho) e 25 (baixo desempenho) foram convidados, assim como alguns situados entre esses quartis. Isso resultou em um total de 36 participantes, dos quais 13 do sexo feminino e 23 do sexo masculino (sexo atribuído no nascimento). A amostra diversificada, que possibilitou a condução de quatro experimentos distintos para avaliar diferenças entre os níveis de desempenho em relação ao pensamento crítico por meio de EEG, está descrita na tabela 6.



Tabela 6 - Participantes das aquisições de EEG, por área, sexo e desempenho no TAPC.

	Ciências Biológicas				Ciências Exatas				Ciências Humanas			
	Sexo		Sexo		Sexo		Sexo		Sexo		Sexo	
	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.	Masc.
N	8		4		0		18		5		1	
Desempenho	N	Pontos	N	Pontos	N	Pontos	N	Pontos	N	Pontos	N	Pontos
Alto (N = 12)	1	81	1	66	0	7	69 a 100	3	74 a 100	0		
Baixo (N = 9)	6	28 a 38	0		0	1	38	2	16 a 24	0		
Médio (N = 15)	1	53	3	46 a 62	0	10	50 a 67	0		1	42	
N total	12				18				6			

Fonte: Elaborada pelo autor (2023). Nota: Sexo atribuído no nascimento.

Para as aquisições de EEG, a mesma touca, o mesmo tipo de eletrodo e o mesmo gel condutor foram utilizados em todos os participantes. Valores de impedância abaixo de 15 k $\Omega$  foram observados para todas as coletas. Touca e eletrodos foram devidamente limpos e higienizados antes de cada coleta.

Antes da aquisição do EEG durante a aplicação dos itens TAPC, realizou-se uma aquisição com o participante em estado de repouso, com duração de 70 segundos. Durante essas coletas, o participante permaneceu sentado, devidamente posicionado em uma cadeira, com as mãos imóveis sobre as coxas (respeitando a lateralidade) e as plantas dos pés adequadamente posicionadas no piso. Foi solicitado que mantivesse os olhos fechados, respirasse calmamente e evitasse qualquer tipo de movimento. Os dados dessas coletas foram submetidos a análises qualitativas e quantitativas.

Durante a aquisição com a aplicação do TAPC, o participante permaneceu sentado, devidamente posicionado em uma cadeira, com a mão oposta à do uso do mouse sobre a coxa (respeitando a lateralidade) e as plantas dos pés adequadamente apoiadas no piso. Foi solicitado ao participante que permanecesse imóvel na cadeira, respirasse calmamente e movesse o mouse do computador (colocado em uma mesa à sua frente) apenas quando necessário, por exemplo, para selecionar a resposta ao item, avançar para o próximo item e finalizar a aplicação. Os dados coletados nessas sessões foram posteriormente submetidos a análises qualitativas e quantitativas.

A atividade relativa à preparação da touca, posicionamento dos eletrodos e preparo do software de coleta de EEG durou aproximadamente 30 minutos. A aquisição com aplicação do TAPC durou aproximadamente 10 minutos. Portanto, cada atividade completa durou em torno de 40 minutos.

Antes das aplicações cada participante recebeu o TCLE 2, para leitura e assinatura (Apendice H).

Fase iniciada em novembro de 2022 e finalizada em junho de 2023.

#### 5.1.3.3 Fase 3: Tratamento dos dados gerados pelas aplicações dos testes TAPC, PISA e B1 e das aquisições de EEG

Composta pelo tratamento e análise estatística dos dados obtidos por meio das aplicações dos testes TAPC (PC), itens PISA (*gc*) e B1 (*gf*), bem como pelo tratamento e análise gráfica e estatística dos dados de EEG.

Nesta fase, foram gerados resultados que atenderam aos objetivos do estudo, incluindo:

- a. correlações entre PC, *gf* e *gc*;
- b. diferenças de grupo no PC em relação ao desempenho no teste TAPC;
- c. diferenças de grupo no PC em relação às características de Coerência EEG nas faixas de frequência Theta, Alpha e Beta 1 e Beta 2.

Após a conclusão das avaliações e análises estatísticas, todos os participantes receberam um relatório de feedback sobre seus desempenhos nos testes. Aqueles que participaram das aquisições de EEG também receberam informações sobre a Coerência EEG.

## 5.2 Resultados e Discussão

### 5.2.1 Resultados das aplicações dos testes TAPC, PISA e B1

As estatísticas descritivas relativas às aplicações dos três testes, para a amostra total, são apresentadas pela tabela 7.

Tabela 7 - Estatísticas descritivas - testes TAPC, PISA e B1.

	TAPC	PISA	B1	
Média	52,0	60,9	7,6	
D. Padrão	17,8	29,0	3,2	
Mínimo	13	0	1	
Máximo	100	100	14	
N	192	184	177	
	5	23,0	3,0	2,0
	10	29,0	17,0	3,0
	25	38,0	38,3	5,0
Percentis	50	52,0	66,0	8,0
	75	65,0	82,0	10,0
	90	74,0	100,0	11,0
	95	85,0	100,0	13,0

Fonte: Elaborada pelo autor (2023): Nota. Pontuações dos testes TAPC e PISA podem variar de 0 a 100. Os resultados do teste B1 são relativos ao número de acertos, que podem variar de 0 a 14. \*Observa-se que alguns participantes se abstiveram das aplicações dos testes PISA e B1.

O teste de normalidade Shapiro-Wilk (para  $N > 100$ ) indicou distribuição normal para os resultados obtidos por meio do TAPC ( $p > 0,05$ ) e distribuição diferente da normal para os resultados obtidos por meio dos testes PISA e B1 ( $p < 0,05$ ).

De acordo com resultados do teste de normalidade, foram avaliados coeficientes de correlação de *Pearson* e *Spearman* entre os três testes.

Os coeficientes de *Pearson* indicaram correlações positivas e fracas entre o teste TAPC e os testes PISA ( $r = 0,36$ ;  $p < 0,05$ ) e B1 ( $r = 0,16$ ;  $p < 0,05$ ), e correlação positiva e moderada entre os testes PISA e B1 ( $r = 0,51$ ;  $p < 0,05$ ), enquanto os coeficientes de *Spearman* indicaram correlações positivas e fracas entre TAPC e os testes PISA ( $\rho = 0,33$ ;  $p < 0,05$ ) e B1 ( $\rho = 0,17$ ;  $p < 0,05$ ), e correlação positiva e moderada entre os testes PISA e B1 ( $\rho = 0,48$ ;  $p < 0,05$ ).

Os coeficientes de correlação de *Pearson* e *Spearman* indicaram uma maior associação do PISA com os resultados do TAPC e, conseqüentemente, uma maior relevância ou influência da inteligência cristalizada (*gc*) - que envolve conhecimento adquirido por meio teórico ou prático (McGrew, 2009; Steger et al., 2019) - no Pensamento Crítico.

Um dos estudos de validação do HCTA (Halpern, 2010) utilizou o *Arlin Test of Formal Reasoning* (ATFR; Arlin, 1982) como teste independente. O ATFR é capaz de avaliar o raciocínio lógico-matemático, assim como os itens do teste PISA que foram aplicados neste estudo. A correlação encontrada entre o HCTA e o ATFR foi de 0,32 para um grupo composto por 80 estudantes universitários e pré-universitários do estado da Califórnia, EUA.

Outro estudo que contribuiu para a validação do HCTA envolveu dois grupos de estudantes do último ano do ensino médio em escolas com baixo desempenho, também na Califórnia. Esses grupos realizaram o HCTA como pré-teste e pós-teste, após receberem dois tipos diferentes de intervenção em PC nos grupos experimentais. Os resultados revelaram correlações significativas entre o *California Standards Test in Math* ( $r = 0,39$ ;  $p = 0,004$ ) e o *Comprehensive Ability Battery - S*, um teste visuoespacial ( $r = 0,28$ ;  $p = 0,029$ ), com o HCTA. Observa-se que as correlações entre os dois testes de matemática e o HCTA se aproximam da correlação encontrada entre o PISA e o TAPC.

Aprofundando o estudo sobre as diferenças entre as três áreas de conhecimento avaliadas, as estatísticas descritivas relacionadas às aplicações dos três testes são apresentadas na tabela 8.

Tabela 8 - Estatísticas descritivas dos resultados TAPC, PISA e B1, por áreas estudadas.

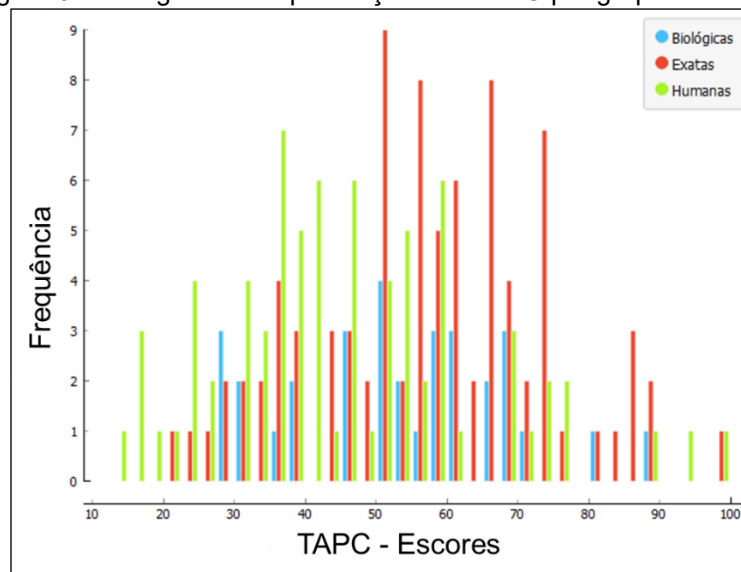
Teste	TAPC			PISA			B1		
	CB	CE	CH	CB	CE	CH	CB	CE	CH
Média	53,1	57,1	45,7	65,4	70,9	47,9	9,0	8,9	5,7
DP	15,5	16,5	18,5	24,7	23,2	31,6	2,7	2,6	2,9
Mínimo	28	20	13	12	0	0	5	1	1
Máximo	88	100	100	100	100	100	14	14	14
N	32	86	74	24	86	74	23	80	74
Quartis									
25	40,0	46,8	34,0	46,5	61,0	18,8	7,0	7,0	3,0
50	53,5	57,5	43,0	61,0	82,0	47,0	9,0	9,5	5,0
75	65,0	68,3	57,3	82,0	82,0	82,0	11,0	10,0	8,0

Fonte: Elaborada pelo autor (2023). Nota: CB = C. Biológicas; CE = C. Exatas; CH = C. Humanas.

Com base nos resultados do TAPC, foram identificados indivíduos com pontuação quartil 25 (1º quartil) e indivíduos com pontuação no quartil 75 (4º quartil) como possíveis participantes das aquisições de EEG em cada grupo. Considerando todos os indivíduos dos quartis 25 e 75 dos três grupos, os resultados indicaram um total de 102 potenciais participantes distribuídos entre as áreas de biológicas (16), exatas (48) e humanas (38).

A distribuição das pontuações no TAPC obtidas pelos participantes dos três grupos pode ser observada por meio do gráfico histograma representado pela figura 3.

Figura 3 - Histograma das pontuações do TAPC por grupo estudado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Atendendo ao objetivo principal do estudo, os resultados do TAPC apresentados pelos grupos relativos às três áreas de conhecimento mostraram que o

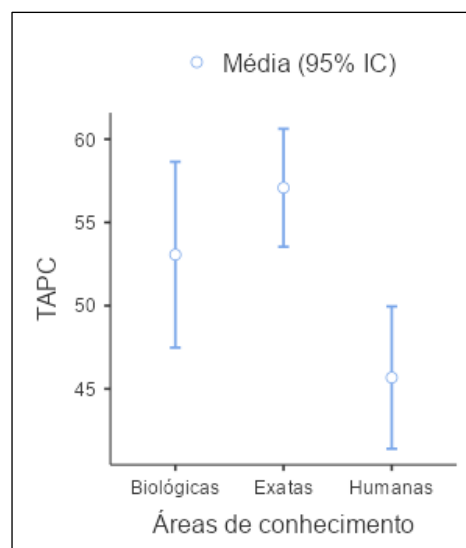
grupo composto por estudantes de ciências exatas apresentou maiores valores médios, quando comparados aos valores apresentados pelos estudantes de ciências biológicas e de ciências humanas. A diferença entre os valores médios foi analisada por meio do teste *Anova* de uma via, descrito a seguir.

O teste de *Mauchly* indicou existência de esfericidade ( $p > 0,05$ ; as relações entre as medidas são consistentes). O teste de efeito entre-sujeitos indicou a existência de pelo menos uma diferença entre as médias de resultados do TAPC entre os três grupos ( $p < 0,05$ ). As comparações pelo método *Pairwise* mostraram que não houve diferença significativa entre a média do grupo de ciências biológicas e as médias dos grupos de ciências exatas e ciências humanas ( $p > 0,05$  para ambos os casos). No entanto, observou-se uma diferença significativa entre as médias do grupo de ciências exatas e ciências humanas ( $p < 0,05$ ).

Portanto, o teste *ANOVA* de uma via mostrou que há efeito do fator área de conhecimento sobre os resultados do TAPC:  $[F(2, 189) = 8,88; p < 0,001]$ . O teste post-hoc de *Tukey* confirmou que existe diferença significativa entre os grupos de ciências exatas e ciências humanas ( $p < 0,001$ ).

A diferença entre os grupos de ciências exatas e ciências humanas também pode ser observada por meio do gráfico de perfis de média apresentado pela figura 4.

Figura 4 - Perfis das médias do TAPC para os grupos de Biológicas, Exatas e Humanas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Após o teste Anova de uma via, os coeficientes de correlação de *Pearson* e *Spearman* entre TAPC, PISA e B1, considerando as três áreas de conhecimento estudadas, foram analisados e seus valores são apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Correlações de *Pearson* e *Spearman* entre TAPC, PISA e B1, por área estudada.

		C. Biológicas			C. Exatas			C. Humanas			
		TAPC	PISA	B1	TAPC	PISA	B1	TAPC	PISA	B1	
<i>Pearson</i>	TAPC	<i>r</i>		0,34	0,33		0,18	-0,25*		0,36*	0,21
		<i>p</i>		0,10	0,13		0,11	0,03		0,00	0,08
	PISA	<i>r</i>	0,34		0,37	0,18		0,26*	0,36*		0,54*
		<i>p</i>	0,10		0,08	0,11		0,02	0,00		0,00
	B1	<i>r</i>	0,33	0,37		-0,25*	0,26*		0,21	0,54*	
		<i>p</i>	0,13	0,08		0,03	0,02		0,08	0,00	
<i>Spearman</i>	TAPC	$\rho$		0,25	0,24		0,12	-0,22		0,34*	0,20
		<i>p</i>		0,24	0,27		0,27	0,06		0,00	0,08
	PISA	$\rho$	0,25		0,30	0,12		0,18	0,34*		0,54*
		<i>p</i>	0,24		0,16	0,27		0,11	0,00		0,0
	B1	$\rho$	0,24	0,30		-0,22	0,18		0,20	0,54*	
		<i>p</i>	0,27	0,16		0,06	0,11		0,08	0,00	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: \*Correlações significativas ( $p < 0,05$ ).

Os coeficientes apresentados indicaram correlações estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ), embora relativamente baixas. Foram observadas correlações de  $r = -0,25$  entre TAPC e B1,  $r = 0,26$  entre PISA e B1 (no grupo de ciências exatas) e  $r = 0,36$ , bem como  $\rho = 0,34$  entre TAPC e PISA (no grupo de ciências humanas). Além disso, foram identificadas correlações significativas, porém moderadas, com  $r = \rho = 0,54$  entre PISA e B1 (no grupo de ciências humanas).

Pode-se notar as correlações entre TAPC e PISA no grupo de ciências humanas, que se assemelham às correlações encontradas na aplicação geral do teste. Além disso, destaca-se a correlação entre TAPC e B1 no grupo de exatas, sugerindo uma possível correlação inversa entre o pensamento crítico e a inteligência fluida (*gf*) para o grupo.

Para investigar possíveis diferenças nos resultados do teste TAPC entre os grupos feminino e masculino, foram analisadas estatísticas descritivas associadas ao sexo dos participantes, conforme apresentado na tabela 10.

Tabela 10 - Estatísticas descritivas do TAPC, de acordo com sexo dos participantes.

		Feminino	Masculino
	Média	46,6	56,9
	D. Padrão	17,6	16,6
	Mínimo	15	13
	Máximo	100	100
	N	91	101
Percentis	25	34	45,5
	50	46	58
	75	58	67,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: Sexo atribuído no nascimento.

A diferença entre as médias dos resultados apresentados pelos dois grupos foi avaliada por meio do teste *t de Student*, o qual indicou uma diferença significativa entre os resultados ( $t(190) = -4,195; p < 0,05$ ), com o grupo feminino apresentando uma pontuação média inferior, considerando a população estudada.

Para examinar um possível impacto da variável sexo nos grupos das áreas das ciências exatas e humanas, que revelaram diferença significativa entre suas médias no teste TAPC (por meio de um teste ANOVA de uma via), as estatísticas descritivas dos resultados dos dois grupos, levando em consideração também o sexo dos participantes, estão apresentadas na tabela 11.

Tabela 11 - Estatísticas descritivas do TAPC por áreas de Exatas e Humanas, bem como por sexo.

		Ciências Exatas		Ciências Humanas	
		Fem.	Masc.	Fem.	Masc.
	Média	50,4	58,6	44,4	49,3
	D. Padrão	15,9	16,4	18,6	18,1
	Mínimo	24	20	15	13
	Máximo	85	100	100	93
	N	16	70	55	19
Quartis	25	38,0	49,8	31,0	40,0
	50	50,0	60,0	42,0	46,0
	75	58,0	69,0	56,0	58,0

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

No que diz respeito às diferenças nas médias entre os grupos feminino e masculino nas duas áreas de estudo, King et al. (1990) identificaram um efeito da variável sexo nos resultados obtidos no *Watson Glaser Critical Thinking Appraisal* e no *Cornell Critical Thinking Test*, com participantes do sexo masculino alcançando pontuações mais elevadas em ambos os testes. Em contrapartida, Giancarlo e



Facione (2001) demonstraram que participantes do sexo feminino obtiveram pontuações mais altas na escala geral do CCTDI (*California Critical Thinking Disposition*), bem como nas escalas de “Mentalidade aberta” e “Maturidade de julgamento”. Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos nas pontuações das outras escalas do instrumento.

No entanto, estudos mais recentes não têm identificado diferenças médias nas pontuações de testes de pensamento crítico relacionadas à variável sexo. Ghadi et al. (2012), por exemplo, avaliaram o pensamento crítico entre estudantes universitários do sexo feminino e masculino na Malásia e não encontraram diferenças significativas entre os dois grupos. Hunter et al. (2014) também demonstraram que idade e sexo não são indicadores do pensamento crítico em estudantes. Salahshoor e Rafiee (2016) investigaram a relação entre o pensamento crítico e o sexo entre estudantes iranianos que aprendiam inglês como língua estrangeira e não encontraram diferenças nas habilidades de pensamento crítico. Essas descobertas foram corroboradas por Liu, Hsu, Hung, Wu e Pai (2019), que sugeriram que as diferenças de sexo não estão relacionadas ao desempenho em testes capazes de avaliar o pensamento crítico. Além disso, Halpern (2010) não encontrou diferenças entre os sexos em um estudo que envolveu 90 participantes do sexo feminino e 55 do sexo masculino durante a validação do HCTA.

A diferença entre médias dos grupos feminino e masculino poderia refletir os resultados apresentados pelos grupos de ciências exatas e ciências humanas, uma vez que o grupo de exatas foi majoritariamente composto por participantes do sexo masculino (N = 70, em comparação com N = 16 do sexo feminino), enquanto o grupo de humanas teve participantes do sexo feminino como maioria (N = 55, em comparação com N = 19 do sexo masculino).

Entretanto, a tabela 11 revelou que tanto o grupo feminino quanto o grupo masculino da área de ciências exatas obtiveram médias mais altas no TAPC em comparação aos grupos feminino e masculino da área de ciências humanas, respectivamente. Além disso, é possível especular que essas diferenças possam estar relacionadas à educação prévia dos participantes. É conhecido que os estudantes de graduação em universidades públicas federais, em geral, passam por um ensino secundário de melhor qualidade em comparação aos alunos de graduação de universidades privadas, conforme demonstrado por Oliveira e Silva (2018). Isso é exemplificado pelo grupo de ciências exatas, composto por alunos de universidade

pública. Por outro lado, o grupo de ciências humanas incluiu alunos tanto de universidade pública quanto de universidades privadas.

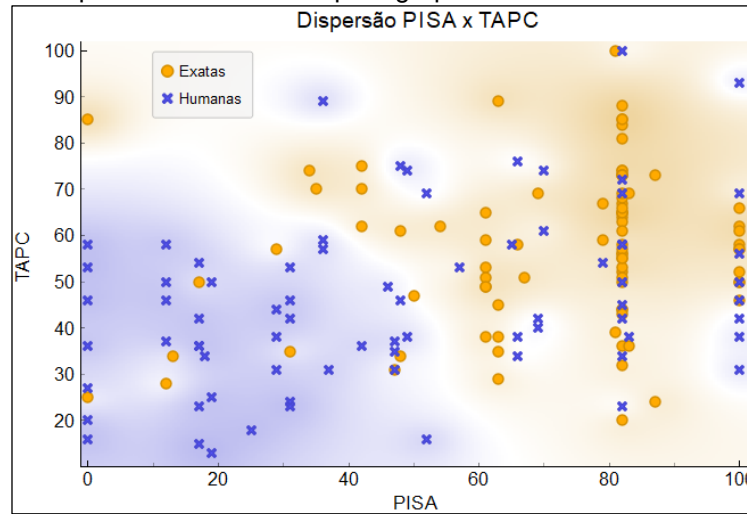
Por fim, descreve-se a análise de regressão linear, para a qual as áreas de conhecimento estudadas (ciências biológicas, exatas e humanas), os testes PISA (*gc*) e B1 (*gf*) e a variável Sexo foram considerados como variáveis independentes, e os resultados TAPC de aplicação geral foram considerados como a variável dependente. O objetivo foi identificar qual dos potenciais preditores exerce maior influência sobre o resultado do teste TAPC.

Atendidos todos os pressupostos (teste de autocorrelação, colinearidade, e normalidade), a análise resultou em um modelo estatisticamente significativo:  $[F(5,171) = 7,34; p < 0,001; R^2 = 0,18]$ . O modelo de regressão é representado por:  $TAPC = 51,14 + (0,19 \times PISA) + (-5,93 \times \text{Área de Conhecimento (humanas-exatas)}) + (-1,40 \times \text{Área de Conhecimento (biológicas-exatas)}) + (-5,69 \times \text{Sexo}) + (-0,77 \times B1)$ . Por fim, a variável PISA ( $\beta = 0,19; t = 3,64; p < 0,001$ ) foi identificada como preditora dos resultados do teste TAPC. Todas as outras variáveis apresentaram  $p > 0,05$ .

Esse resultado é respaldado pelos coeficientes de correlação entre os testes TAPC e PISA ( $r = 0,36$  e  $\rho = 0,33; p < 0,05$ ) previamente apresentados, os quais indicaram que a inteligência cristalizada exerce influência sobre o desempenho no teste TAPC.

Considerando o teste PISA, identificado como preditor do teste TAPC, e as áreas de ciências exatas e humanas, que demonstraram diferenças significativas em suas médias no TAPC, apresenta-se, na figura 5, gráfico de dispersão que relaciona os resultados de ambos os testes, considerando também as duas áreas de conhecimento.

Figura 5 - Dispersão TAPC x PISA para grupos de ciências exatas e humanas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Pode-se observar que os participantes do grupo de exatas apresentaram pontuações mais elevadas em ambos os testes, enquanto os participantes do grupo de humanas apresentaram pontuações inferiores.

Até este ponto, os resultados apresentados visaram responder ao objetivo geral e aos quatro objetivos específicos. A seguir, serão apresentados os resultados das aplicações dos cinco itens do TAPC com aquisições de EEG, atendendo aos objetivos restantes.

### 5.2.2 Resultados obtidos por meio das aquisições de EEG

Inicialmente, é importante lembrar que, para as aquisições de EEG, foram convidados participantes que se enquadraram nos quartis 25 e 75 dos resultados do TAPC em suas áreas de conhecimento. Do total de convidados, 22 indivíduos aceitaram participar. A fim de atingir o tamanho da amostra proposto ( $N = 30$ ), outros participantes que se encaixaram entre os quartis 25 e 75 também foram convidados, e 14 aceitaram participar. Portanto, foi alcançado um total de 36 participantes para as aquisições de EEG.

Os 36 participantes foram subdivididos em diferentes grupos para análises comparativas em quatro experimentos distintos: a) grupos de alto e de baixo desempenho no TAPC, considerando ambos os sexos; b) grupos feminino e masculino de alto desempenho no TAPC; c) grupos femininos de alto e de baixo desempenho no TAPC; d) grupos feminino e masculino (desconsiderando

desempenho no TAPC). Essa abordagem permitiu a realização de análises comparativas abrangentes. O perfil de cada grupo pode ser observado no apêndice J.

Também é importante mencionar que:

- a. foram realizados dois tipos de aquisições: 1) com os participantes em estado de repouso, de olhos fechados; e 2) com os participantes executando cinco itens do teste TAPC. As análises das aquisições levaram em consideração as faixas de ondas Theta (4 Hz a 7,5 Hz), Alpha (8 Hz a 12 Hz), Beta 1 (12,5 Hz a 21 Hz) e Beta 2 (21 Hz a 30 Hz);
- b. optou-se por utilizar as aquisições relacionadas ao item 2 do TAPC (dimensão TH), que apresenta nível de dificuldade “Difícil”, para fins de comparação. Resultados de outros itens não serão apresentados neste trabalho a fim de evitar excesso de informações;
- c. é relevante destacar que valores de Coerência EEG variam de 0 a 1. Os gráficos incluem três escalas de referência com base no valor máximo de Coerência para cada grupo e faixa de frequência: 1) cor vermelha: valores entre 100% e 90% do valor máximo obtido; 2) cor amarela: valores entre 89% e 80% do valor máximo; 3) cor azul: valores entre 79% e 70% do valor máximo. O objetivo é destacar as Coerências EEG de maior intensidade ou magnitude.

Os resultados foram apresentados por meio de gráficos de Coerência EEG, que podem indicar interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, bem como por meio de testes *t* de *Student* para avaliação de diferenças entre as médias de valores de Coerência dos grupos.

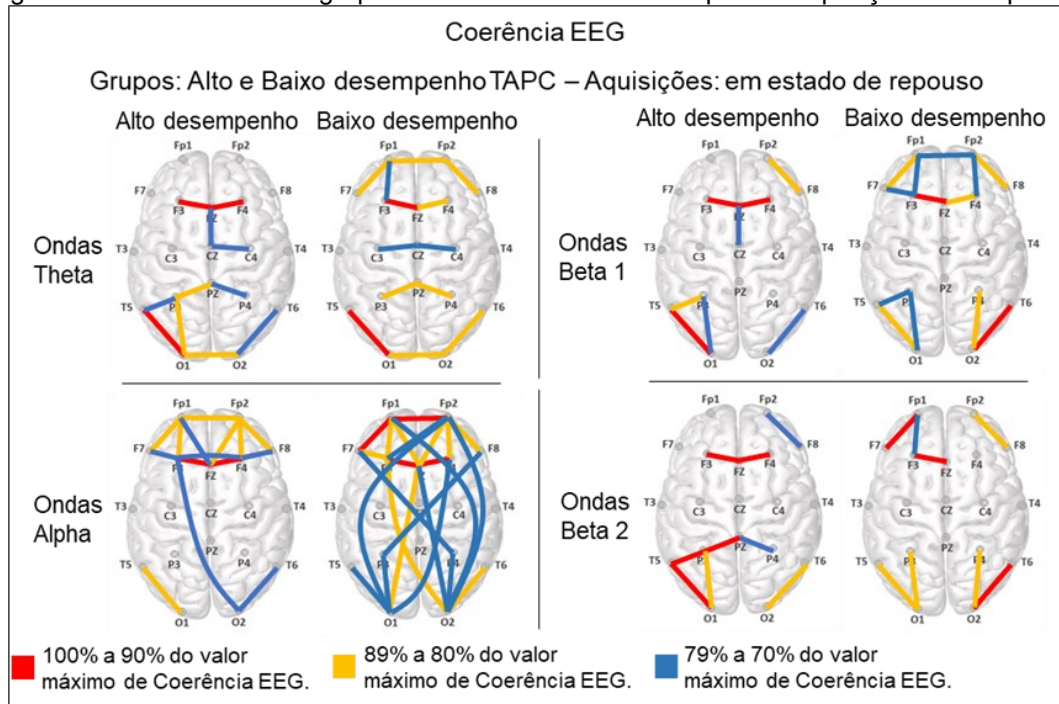
#### 5.2.2.1 Grupos com alto e com baixo desempenho no TAPC

O grupo de alto desempenho contou com 12 participantes (quatro do sexo feminino) e o grupo de baixo desempenho contou com 9 participantes (oito do sexo feminino).

##### 5.2.2.1.1 Aquisições durante estado de repouso.

Os gráficos de Coerência EEG, que podem indicar um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, levando em consideração as frequências estudadas, são apresentados na figura 6.

Figura 6 - Coerência EEG - grupos de alto e de baixo desempenho. Aquisições: em repouso.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t* de *Student* não revelou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois grupos ( $p > 0,05$ ).

Os maiores valores de Coerência EEG foram apresentados pelas ondas Alpha para os dois grupos. Sabe-se que essas ondas têm suas amplitudes máximas durante o estado de repouso, quando o indivíduo está de olhos fechados, e que são minimizadas durante demanda cognitiva (Başar, 2012). As amplitudes estão relacionadas à atividade cortical, também observada por meio dos valores de Coerência.

A faixa Alpha apresenta a melhor confiabilidade teste-reteste em comparação com outras faixas de EEG e, portanto, pode ser considerada como uma característica interindividual estável. Nas últimas décadas do século XX, estudos visando a compreensão das correlações funcionais dessa faixa de frequência foram aprofundados, e foi observado que a atividade Alpha é o componente mais comum da atividade elétrica do cérebro humano (Başar, 2012).

Estudos demonstraram que amplitudes das ondas Alpha aumentam ao inibir memória, ao exercer controle “top-down” (como expectativa ou comportamento), e durante a inibição de movimento motor, indicando que amplitudes Alpha aumentam sempre que uma inibição é necessária (Brier et al., 2010; Freunberger et al., 2009;

Hummel et al., 2002; von Stein et al., 2000). Portanto, as ondas Alpha podem refletir a inibição de atividade irrelevante durante uma tarefa qualquer (Klimesch et al., 1997; Zakharov et al., 2020).

Os gráficos de Coerência para a faixa Alpha revelaram diferenças entre os grupos de baixo e alto desempenho no TAPC em relação aos pares de eletrodos de longa distância, sugerindo interações funcionais entre regiões corticais distantes entre si. Pode-se observar que o grupo de baixo desempenho apresentou nove pares considerados como de longa distância, para as escalas de intensidade 89% a 80% e 79% a 70% do valor máximo de Coerência para a faixa. Entre eles estão Fp1-O2, Fp2-O1 e Fp2-O2, que representam a maior distância possível. O grupo de alto desempenho apresentou o par de longa distância F3-O2 na escala 79% a 70% do valor máximo de Coerência.

Em um estudo que avaliou grupos com baixo, médio e alto QI por meio de aquisições de EEG com os participantes em estado de repouso, Thatcher et al. (2016) demonstraram uma redução na magnitude do fluxo de informação, representada pela Coerência EEG, em indivíduos com alto desempenho no teste de inteligência aplicado (escala de inteligência Wechsler). Esse fato pode indicar que, para o grupo de alto desempenho no TAPC, o menor número de Coerências em pares de eletrodos de longa distância representa um processamento local de informações mais eficiente, o que resulta em uma redução na demanda por recursos neurais localizados em regiões distantes, de acordo com Thatcher et al. (2016). Modelos teóricos de inteligência baseados em fMRI mostraram que um alto desempenho está negativamente correlacionado com a distância entre regiões corticais, e essa distância é inversamente proporcional à eficiência neural (Li et al., 2009; van den Heuvel et al., 2010).

O fluxo de informação, e sua respectiva Coerência EEG, obviamente ocorre em todos os indivíduos. No entanto, a magnitude do fluxo de informação entre regiões cerebrais é menor nos indivíduos de alto desempenho em testes cognitivos (Li et al., 2009; van den Heuvel et al., 2010).

Nas outras três faixas de frequência, é possível observar que a região frontal compreendida pelos eletrodos F3-FZ-F4 se manifesta de forma consistente (na escala de 100% a 90% do valor máximo apresentado) no grupo de alto desempenho, o que não ocorre no outro grupo. Além disso, as regiões parietais, presentes no grupo de alto desempenho nas faixas Theta e Beta 2 (P3, PZ, P4), também contribuem para

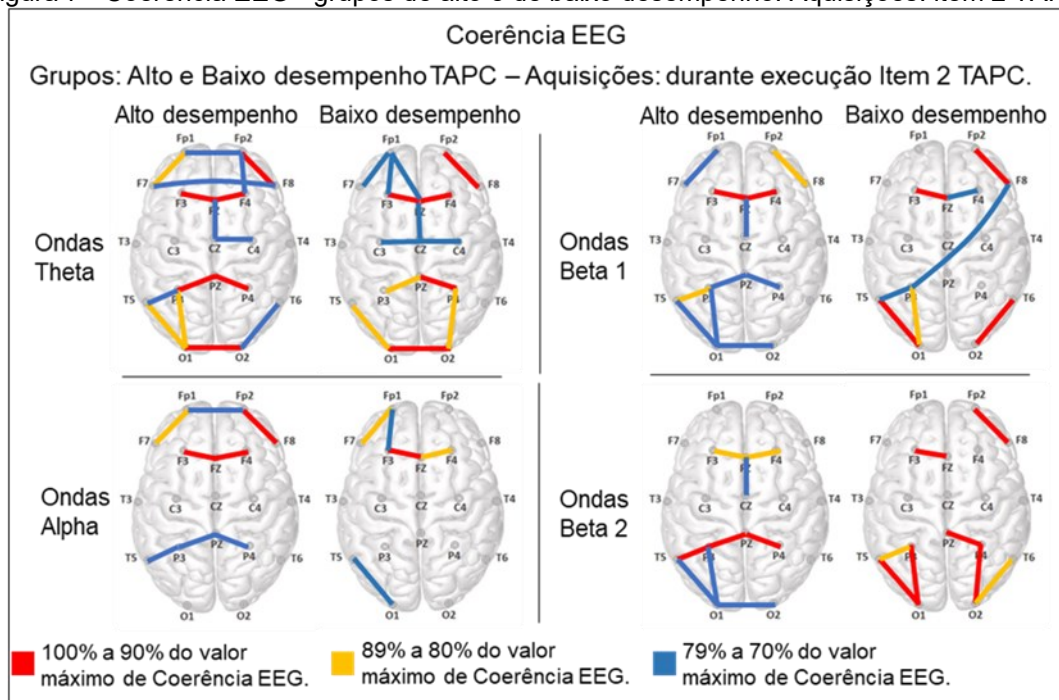
esse padrão. Esses achados são consistentes com a teoria proposta por Jung e Haier (2007), a qual evidencia que as regiões frontais e parietais desempenham um papel fundamental no desempenho cognitivo de maneira geral.

Os valores de Coerência EEG utilizados para elaboração dos gráficos podem ser verificados no apêndice K.

#### 5.2.2.1.2 Aquisições durante aplicações do item 2 do TAPC.

Os gráficos de Coerência EEG, que podem indicar um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, levando em consideração as frequências estudadas, são apresentados na figura 7.

Figura 7 - Coerência EEG - grupos de alto e de baixo desempenho. Aquisições: item 2 TAPC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t* de Student indicou uma diferença significativa nas médias de Coerência EEG entre os dois grupos apenas nos registros relativos às ondas Theta ( $t(36) = 2,971$  ;  $p < 0,05$ ), com o grupo de alto desempenho apresentando maior valor médio. Não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nas demais faixas de frequência.

- Ondas Theta:

De forma geral, o grupo de alto desempenho apresentou atividade em regiões bem definidas: uma formada pelos eletrodos frontais (Fp1, Fp2, F7, F8, F3, FZ e F4) e outro compreendido pelos eletrodos parietais, temporais posteriores e occipitais (P3, PZ, P4, T5, T6, O1 e O2), nos dois hemisférios e entre hemisférios. Este grupo apresentou os maiores valores de Coerência nos eletrodos F3-FZ-F4 (frontais) e P3-PZ-P4 (parietais), na escala de 100% a 90% do valor máximo apresentado. Observa-se que no grupo de baixo desempenho ocorreu atividade difusa, sem a organização presente no grupo de alto desempenho, principalmente na região frontal. Além disso, este grupo apresentou maior atividade nas regiões centrais (C3-CZ-C4).

Thatcher et al. (2016) demonstraram que quanto mais eficiente for o processamento de informações locais nas regiões frontais e parietais, maior será o desempenho cognitivo, devido à redução da demanda nas conexões de longa distância. Há um fluxo significativo de informações entre as regiões frontais e parietais em todos os indivíduos. No entanto, o equilíbrio homeostático e a alocação de recursos são otimizados nos indivíduos com melhor desempenho cognitivo. Os lobos frontais e parietais estão envolvidos em múltiplos aspectos da atenção, especialmente na orientação e nos aspectos executivos da atenção, como apresentado por Duncan et al. (2000), Haier et al. (2003) e Luders et al. (2009).

Os achados convergem com a teoria da integração parietal-frontal apresentada por Jung e Haier (2007), que indica a ativação das áreas frontais e parietais como fundamentais ao desempenho cognitivo.

Existem evidências de que as ondas Theta (4 Hz a 7 Hz) desempenham um papel crucial nos processos de memória de trabalho e memória episódica. As amplitudes destas ondas estão relacionadas ao desempenho da memória, são moduladas pela carga de memória, e tem um papel importante durante a codificação e recuperação da memória. Assume-se que as oscilações Theta corticais refletem a comunicação com o hipocampo - região conhecida por desempenhar funções de memória e exibir oscilações nesta faixa de frequência (Doppelmayr et al., 2000; Grabner et al., 2004; Jensen & Tesche, 2002; Klimesch et al., 2001; Mitchell et al. 2008). Fischer et al. (2000) demonstraram que a maioria das definições de pensamento crítico engloba elementos como raciocínio/lógica, julgamento, metacognição, reflexão, questionamento e processos mentais, os quais incluem aspectos relacionados à memória de trabalho e à memória episódica.



Além disso, é sabido que a atividade Theta é observada durante a inibição funcional que serve às funções executivas. Neste caso, as ondas Theta são predominantemente observadas no córtex frontal e geralmente regulam a atividade de outras estruturas cerebrais por meio da inibição (Herrmann et al., 2016; Huster et al., 2013).

A diferença significativa, entre grupos de alto e baixo desempenho, na faixa Theta também foi encontrado por Kang, Ojha, Lee e Lee (2017) em um estudo que avaliou diferenças em padrão de ativação cerebral em indivíduos de alto e baixo desempenho em teste capaz de avaliar habilidades verbais/linguagem. Tal estudo mostrou que para os indivíduos de alto desempenho, a maioria dos pares comuns estava distribuída nos lobos frontais, temporais esquerdos e direitos, enquanto para os indivíduos de baixo desempenho, os pares estavam distribuídos nos lobos frontais e temporais direitos.

Neste estudo, o gráfico de Coerência EEG do grupo de baixo desempenho indicou maior intensidade de atividade na área frontal direita, especificamente nas relações Fp2-F8 e FZ-F4 (com escala de intensidade variando de 100% a 90% do valor máximo de Coerência), além de atividade na região temporal posterior esquerda (T5). Já o grupo de alto desempenho no TAPC indicou atividade nas regiões frontais (com maior intensidade em F3-FZ e FZ-F4) e nas regiões temporais posteriores (T5 e T6).

- Ondas Alpha:

Na faixa Alpha também foram observadas ativações bem estruturadas nas regiões frontais (Fp1-Fp2, Fp1-F7, Fp2-F8 e entre F3-FZ-F4) e nas regiões parietais (P3, PZ, P4) no grupo de alto desempenho, de forma diferente do que ocorreu no outro grupo. Além disso, nota-se um número maior de Coerências no grupo de alto desempenho (oito pares de eletrodos contra cinco pares do grupo de baixo desempenho), conforme indicado pelas três escalas de intensidade apresentadas no estudo. É importante observar que há uma diminuição nas amplitudes das ondas Alpha durante a demanda cognitiva, mas essa diminuição é mais pronunciada em indivíduos de baixo desempenho (Jahidin et al., 2014), o que confirma as diferenças encontradas entre os dois grupos.

As ondas Alpha são moduladas durante a estimulação sensorial e podem refletir processos de memória e atenção. Essas ondas apresentam uma correlação inversa com o desempenho cognitivo, sugerindo uma inibição das estruturas corticais

irrelevantes para a tarefa. Dado que as oscilações são ideais para funcionar como marcapassos, uma hipótese indica que as funções de inibição e cronometragem podem ser elementos fundamentais das funções cognitivas que exigem tanto a supressão quanto a seleção (Hanslmayr et al., 2011; Jensen & Mazaheri, 2010; Klimesch, 2012; Schürmann & Başar, 2001).

- Ondas Beta 1:

É possível identificar alguma organização estrutural, com simetria nas regiões frontais no grupo de alto desempenho (p.ex. Fp1-F7, Fp2-F8, e F3-FZ-F4). No grupo de baixo desempenho, observa-se coerência de longa distância e entre hemisférios no par F8-P3, o que contradiz a eficiência neural. Isso ocorre porque a redução das conexões de longa distância e o aumento da conectividade dos sistemas locais são processos fundamentais para otimizar a transmissão de informações (Thatcher et al., 2016).

Inúmeros estudos relacionam as ondas Beta a uma variedade de processos cognitivos, como memória de trabalho, processamento de linguagem, memória de longo prazo, tomada de decisão e processamento de recompensas. No entanto, o papel funcional desta frequência ainda é objeto de debate. Alguns estudiosos consideram que essa faixa de frequência desempenha um papel na manutenção de representações cognitivas e comandos motores, enquanto outros argumentam que essa frequência está relacionada à comunicação em nível de rede e à (re)ativação endógena de informações (Chen et al., 2016; Chikhi et al., 2022; Hanslmayr et al., 2014; Marco-Pallarés et al., 2015; Weiss & Mueller, 2012).

Além disso, alguns autores sugerem a existência de distinções funcionais entre as faixas de frequência Beta 1 (12 Hz a 20 Hz) e Beta 2 (20 Hz a 30 Hz), e que essas subfaixas desempenham funções semelhantes às de suas frequências vizinhas, Alpha e Gamma. Portanto, é plausível que a faixa Beta 1 tenha um papel inibitório e possa contribuir para a preservação das representações na memória de trabalho, enquanto a faixa Beta 2 é mais frequentemente associado a processos “top-down”, de função executiva. Acredita-se que a capacidade de processamento mental de alto nível seja realizada na faixa Beta (Chikhi et al., 2022).

- Faixa Beta 2:

Nesta faixa das ondas Beta, também foi possível verificar conexões frontais (F3, FZ, F4) e parietais (P3, PZ, P4) entre os hemisférios no grupo de alto desempenho. O grupo de baixo desempenho apresentou coerências em regiões

difusas, com menor atividade nas regiões frontais (em F3-FZ) e parietais (em PZ-P4) com uma escala variando de 100% a 90% do valor máximo no caso.

A faixa Beta 2 é considerada crucial para o processamento de informações no sistema nervoso central e está relacionada a diversas funções motoras e cognitivas. Isso inclui percepção, controle motor, integração sensório-motora (onde a atividade Beta pode indicar se o estado sensório-motor atual deve permanecer estável ou mudar em breve), atenção, inibição, processos relacionados à memória e funções cognitivas de nível superior (Hanslmayr et al., 2009; Herrmann et al., 2016; Kornblith et al., 2016; Marco-Pallarés et al., 2015).

Pode-se supor que a atividade na faixa Beta, durante a aplicação do TAPC, esteve relacionada ao monitoramento e controle muscular. Isso se deve ao fato de que os participantes precisavam permanecer imóveis durante o teste, realizando movimentos musculares mínimos apenas em momentos específicos, como em resposta aos itens ou avanço de item.

Os valores de Coerência EEG utilizados para elaboração dos gráficos apresentados podem ser verificados no apêndice L.

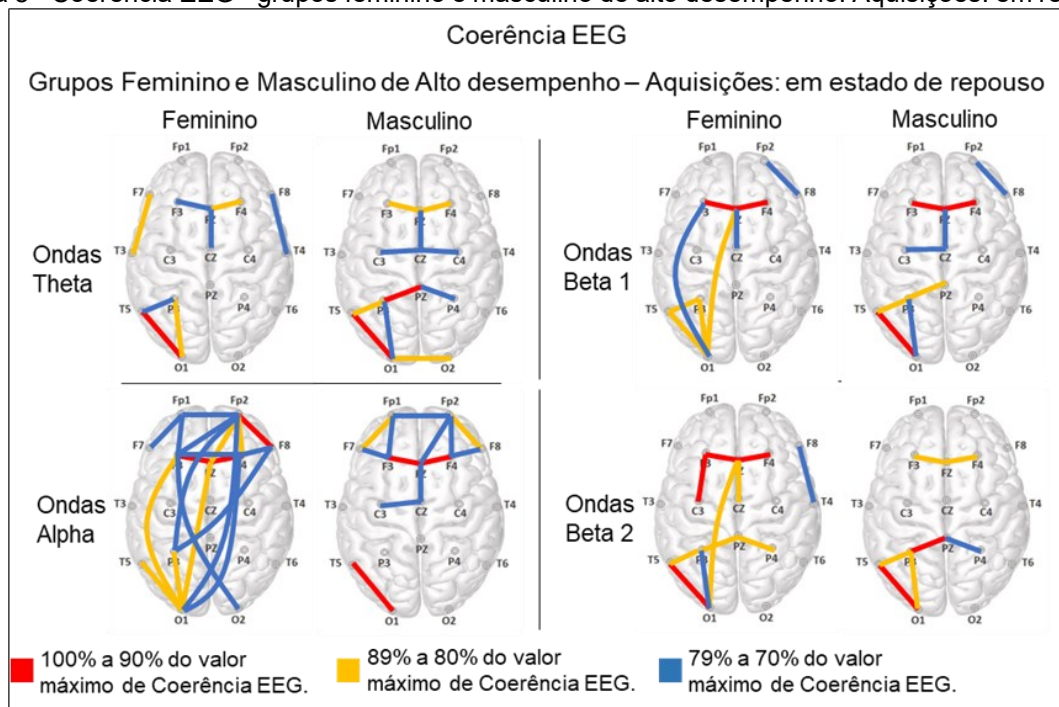
#### 5.2.2.2 Grupos Feminino e Masculino com Alto desempenho no TAPC

Cada um dos grupos contou com três participantes que apresentaram melhor desempenho, obtendo os resultados mais elevados no TAPC, entre aqueles que concordaram em participar das aquisições de EEG.

##### 5.2.2.2.1 Aquisições durante estado de repouso.

Os gráficos de Coerência EEG, que podem indicar um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, levando em consideração as frequências estudadas, são apresentados na figura 8.

Figura 8 - Coerência EEG - grupos feminino e masculino de alto desempenho. Aquisições: em repouso.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t* de *Student* não revelou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois grupos ( $p > 0,05$ ).

Semelhante ao que foi observado nas aquisições em repouso apresentadas pelos grupos de alto e baixo desempenho no TAPC (Figura 6), a faixa de frequência Alpha revelou as maiores discrepâncias entre os grupos estudados. No grupo feminino, foram identificadas sete coerências de longa distância, a maioria delas entre os hemisférios, com o par Fp2-O1 representando a maior distância possível entre os eletrodos. Por outro lado, no grupo masculino, não foi observada coerência de longa distância, havendo uma maior ativação nas regiões frontais de ambos os hemisférios.

Os achados estão alinhados com explicações fornecidas para as diferenças de desempenho cognitivo relacionadas ao sexo dos participantes, indicando que grupos femininos tendem a apresentar uma representação mais difusa das funções cognitivas, em contraste com a organização mais concentrada observada em grupos masculinos (Hassler, 1990; Jaušovec & Jaušovec, 2005; McGlone, 1980).

Estudos, como o realizado por Volf e Razumnikova (1999), também destacaram diferenças marcantes nas características de coerência do EEG entre os hemisférios ao comparar ambos os sexos. Os autores demonstraram que no grupo feminino houve um aumento abrangente e difuso na Coerência do EEG entre os hemisférios em

comparação com o grupo masculino, um resultado que também foi observado neste estudo.

Conforme observado por Jaušovec e Jaušovec (2005), os indivíduos do sexo masculino têm uma maior probabilidade de exibir padrões de ativação cortical alinhados com a hipótese de eficiência neural (Haier, 2006; Haier et al., 1988). Se os homens com melhor desempenho cognitivo apresentarem menor ativação de ondas Alpha durante o estado de repouso, é esperado que exibam menos dessincronização ao realizar uma tarefa. A interpretação da relação entre as ondas Alpha e o desempenho cognitivo é possível apenas se for considerada uma distinção entre atividade Alpha tônica e fásica. A onda Alpha fásica está relacionada à tarefa em questão, enquanto a Alpha tônica (que só pode ser medida durante o estado de repouso, com o indivíduo de olhos fechados) não está sob controle voluntário. Portanto, quanto maior a atividade Alpha no estado de repouso, maior a dessincronização das ondas durante a demanda cognitiva (Doppelmayr et al., 1998).

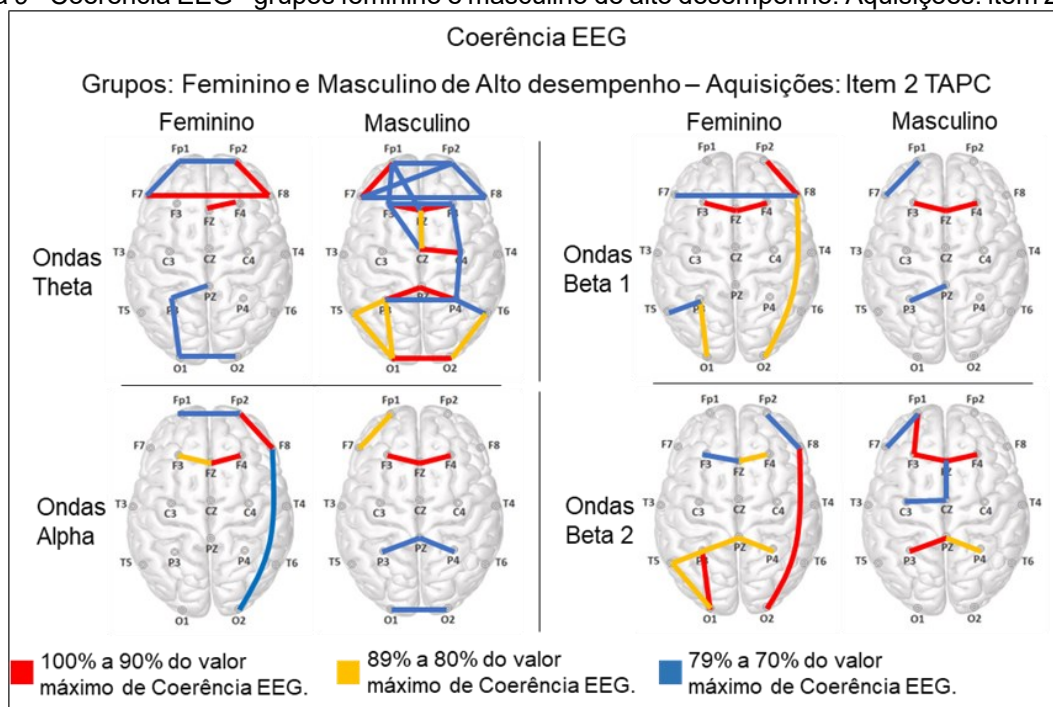
Considerando as outras faixas de frequência, é relevante destacar que o grupo feminino também demonstrou coerências de longa distância nas faixas Beta 1 e Beta 2, localizadas no hemisfério esquerdo (par PZ-O1). Além disso, merece atenção a observação das atividades entre os eletrodos P3 (parietal), T5 (temporal posterior) e O1 (occipital) no hemisfério esquerdo, identificadas em ambos os grupos e abrangendo principalmente as faixas Theta, Beta 1 e Beta 2. Essa região, que compreende a região da junção temporo-parietal no hemisfério esquerdo, pode estar relacionada ao estado mental de autopercepção, ao monitoramento do estado presente (autorregulação), durante atividades passivas (como o estado de repouso), e à construção de cenários futuros, conforme discutido por Andrews-Hanna et al. (2010).

Os valores de Coerência EEG utilizados para elaboração dos gráficos apresentados podem ser verificados no apêndice M.

#### 5.2.2.2.2 Aquisições durante aplicações do item 2 do TAPC.

Os gráficos de Coerência EEG, que podem indicar um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, levando em consideração as frequências estudadas, são apresentados na figura 9.

Figura 9 - Coerência EEG - grupos feminino e masculino de alto desempenho. Aquisições: item 2 TAPC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para as faixas de frequência estudadas, o teste *t* de *Student* indicou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois grupos em todas as faixas: Theta ( $t(36) = -13,242$ ;  $p < 0,05$ ), Alpha ( $t(36) = -4,004$ ;  $p < 0,05$ ), Beta 1 ( $t(36) = -2,141$ ;  $p < 0,05$ ) e Beta 2 ( $t(36) = -3,177$ ;  $p < 0,05$ ), com o grupo feminino apresentando menores valores médios.

O estudo realizado por Razumnikova (2004), que envolveu grupos feminino e masculino executando uma tarefa capaz de gerar “pensamento divergente”, encontrou diferenças significativas nas faixas Alpha 1 (de 8 Hz a 10 Hz) e Beta 2 (de 20 Hz a 30 Hz). O grupo masculino apresentou maior interação entre os hemisférios nas duas faixas, quando comparado ao grupo feminino.

Comparado ao que foi demonstrado por Razumnikova (2004), este estudo revelou diferenças significativas nos valores de Coerência entre os dois grupos em todas as faixas estudadas, e tanto o grupo masculino quanto o grupo feminino exibiram uma maior interação entre os hemisférios na faixa Theta.

Cabe destacar as diferenças entre os grupos, com o masculino apresentando um maior número de coerências, indicando a presença de três núcleos distintos: um nas regiões frontais (com maior atividade na frontal esquerda), outro entre as regiões frontais (F3, FZ e F4) e central (CZ e C4), e o terceiro compreendendo as regiões parietais, temporais posteriores e occipitais. Enquanto o grupo feminino apresentou

atividade nas regiões frontais e nas regiões parietais esquerda e occipitais. A atividade na região central, apresentada pelo grupo masculino, contradiz as teorias da integração parietal-frontal (Jung & Haier, 2007) e da eficiência neural (Haier et al., 2006), considerando a amostra estudada. Também é destacada a coerência de longa distância entre os eletrodos F8-02, apresentada pelo grupo feminino nas faixas Alpha, Beta 1 e Beta 2, com uma escala crescente de intensidade de fluxo de informação ao longo das três faixas.

As diferenças significativas encontradas entre médias dos valores de Coerência, sob demanda do TAPC, podem estar relacionadas a questões morfológicas. Rabinowicz et al. (1999) relataram densidades neuronais significativamente mais altas e estimativas de números de neurônios maiores em homens do que em mulheres. Haier et al. (2005) relataram descobertas de fMRI que revelam uma significativa dissociação na morfologia cerebral entre mulheres e homens, em relação ao desempenho cognitivo. Os resultados indicaram que os homens apresentam mais áreas de substância cinzenta (neurônios) associadas ao desempenho cognitivo, enquanto nas mulheres mais áreas de substância branca (axônios) estão relacionadas a esse aspecto.

Os valores de Coerência EEG utilizados para elaboração dos gráficos podem ser verificados no apêndice N.

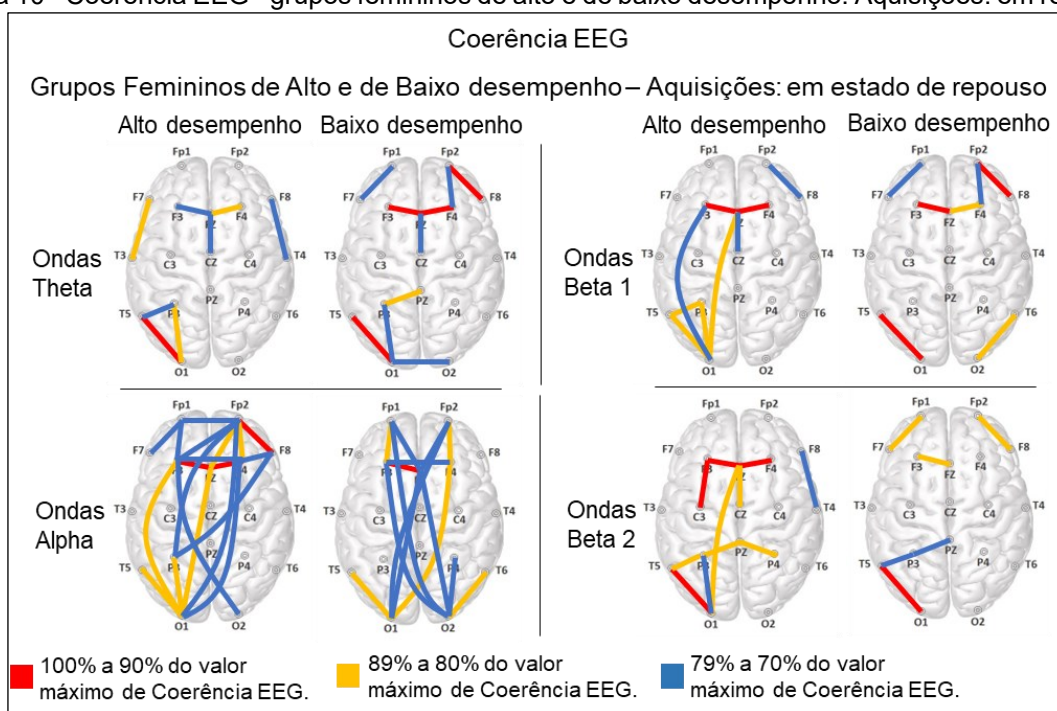
### 5.2.2.3 Grupos Femininos de Alto e de Baixo desempenho no TAPC

Optou-se por comparar os grupos femininos de alto e de baixo desempenho no TAPC devido ao fato de que, na amostra testada, foi registrado apenas um caso de baixo desempenho entre a população masculina. Cada um dos grupos femininos contou com três participantes.

#### 5.2.2.3.1 Aquisições durante estado de repouso.

Os gráficos de Coerência EEG, que podem indicar um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, levando em consideração as frequências estudadas, são apresentados na figura 10.

Figura 10 - Coerência EEG - grupos femininos de alto e de baixo desempenho. Aquisições: em repouso.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t* de *Student* indicou uma diferença significativa nas médias de Coerência EEG entre os dois grupos apenas nos registros relativos às ondas Theta ( $t(36) = -3,626$  ;  $p < 0,05$ ), com o grupo de alto desempenho apresentando menor valor médio. Não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nas demais faixas de frequência.

Assim como nos gráficos de Coerência durante o estado de repouso apresentados anteriormente, as maiores diferenças foram observadas nas ondas Alpha. No entanto, neste caso, os grupos apresentaram números semelhantes de Coerências de longa distância, o que parece ser uma característica de grupos femininos, conforme demonstrado por Hassler (1990), Jaušovec e Jaušovec (2005), McGlone (1980) e Volf e Razumnikova (1999).

O grupo de alto desempenho revelou sete pares de longa distância, sendo cinco destes pares entre hemisférios, com o par Fp2-O1 representando a maior distância possível. O grupo de baixo desempenho apresentou seis pares de longa distância, sendo quatro destes pares entre hemisférios, com os pares Fp1-O2 e Fp2-O1 representando a maior distância possível.

Observa-se que a ativação entre P3-T5-O1, possivelmente relacionada ao estado de autopercepção quando em estado passivo (autorregulação), não se



apresentou de maneira consistente no grupo de baixo desempenho, como observado no grupo de alto desempenho.

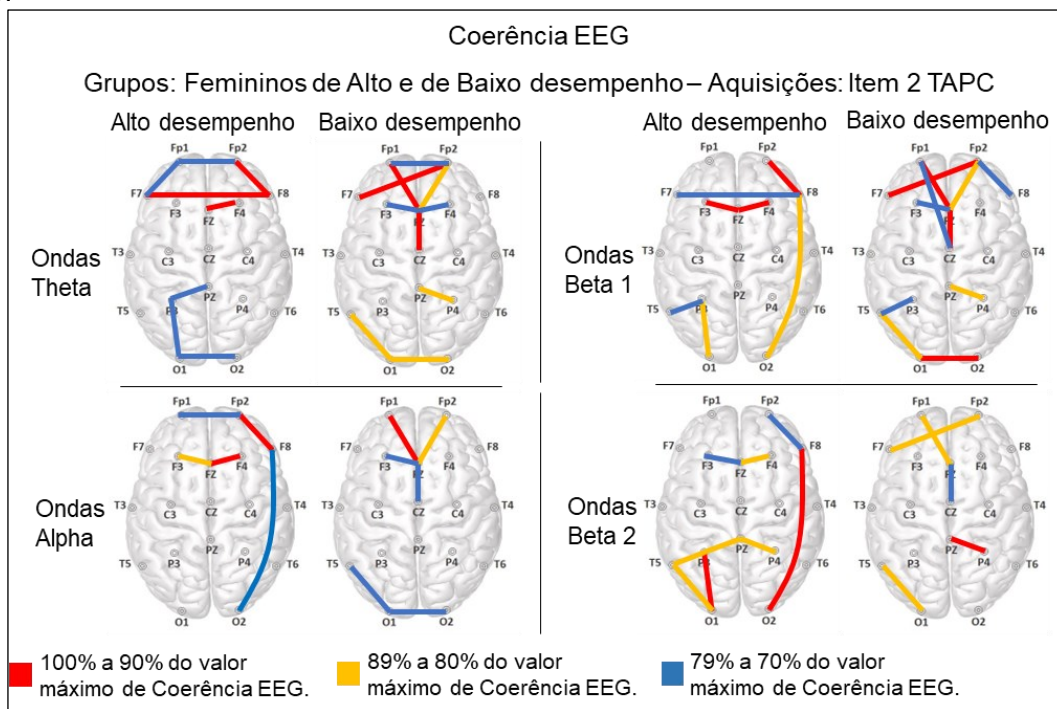
Outras duas diferenças podem ser observadas: 1) os pares de longa distância em Beta 1 (F3-O1 e FZ-O1) e Beta 2 (FZ-O1), para o grupo de alto desempenho, e 2) a falta de atividade nas regiões frontais (Fp1-F7, Fp1-Fp2 e Fp2-F8) na faixa Alpha do grupo de baixo desempenho, o que foi observado em todas as outras aquisições durante repouso, e que pode ter refletido no desempenho do grupo.

Os valores de Coerência EEG utilizados para elaboração dos gráficos apresentados podem ser verificados no apêndice O.

### 5.2.2.3.2 Aquisições durante aplicações do item 2 do TAPC.

Os gráficos de Coerência EEG, que podem indicar um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, levando em consideração as frequências estudadas, são apresentados na figura 11.

Figura 11 - Coerência EEG - grupos femininos de alto e de baixo desempenho. Aquisições: item 2 TAPC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t* de *Student* não revelou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois

grupos ( $p > 0,05$ ). Isso contrasta com o observado entre os grupos feminino e masculino de alto desempenho sob demanda do TAPC (item 5.2.2.2.2), o que sugere que as discrepâncias no caso anterior podem ter decorrido de questões morfológicas.

Ao comparar as Coerências EEG dos dois grupos, as diferenças mais notáveis estão nas regiões frontais. Os gráficos de Coerência revelaram padrões de ativação cortical difusos e/ou irregulares em todas as quatro faixas de frequência para o grupo de baixo desempenho. É nítida a presença de assimetrias nos padrões de ativação, principalmente nas regiões subjacentes aos eletrodos F7, Fp1, Fp2, F8, F3, FZ e F4. Para o grupo de baixo desempenho é praticamente inexistente, considerando as três escalas de Coerência apresentados no estudo, interação entre os eletrodos Fp1-F7, Fp2-F8, Fp1-Fp2. A atividade difusa e/ou irregular nas regiões frontais pode ter refletido o baixo desempenho do grupo, conforme sugerido pela teoria da integração parietal-frontal (Jung & Haier, 2007) e da eficiência neural (Haier, 2006).

De acordo com Grabner et al. (2006), resultados neurofisiológicos demonstraram que indivíduos com baixo desempenho cognitivo exibem um funcionamento cerebral menos eficiente do que aqueles com alto desempenho. As áreas do córtex pré-frontal mostraram-se particularmente sensíveis às diferenças individuais no desempenho cognitivo. Isso mais uma vez enfatiza que essas regiões cerebrais desempenham um papel fundamental não apenas em praticamente todas as funções cognitivas de nível superior, mas também podem operar de maneira mais eficaz em indivíduos com alto desempenho cognitivo.

Com relação ao grupo de alto desempenho, é possível observar atividade da região P3-T5-O1, possivelmente relacionada ao estado de autopercepção, o que não ocorreu com o outro grupo.

Os valores de Coerência EEG utilizados para elaboração dos gráficos apresentados podem ser verificados no apêndice P.

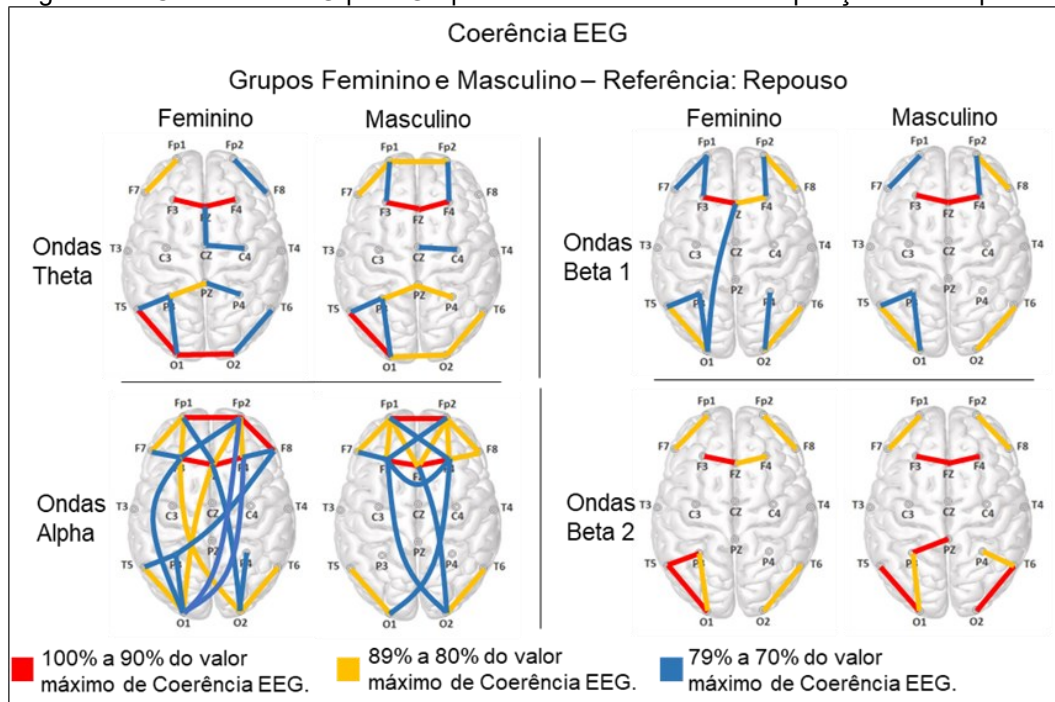
#### 5.2.2.4 Grupos Feminino e Masculino (desconsiderando desempenho no TAPC)

Contou com todos os 36 participantes das aquisições de EEG, sendo 13 no grupo feminino e 23 no grupo masculino. Portanto, indivíduos de alto, médio e baixo desempenho compuseram ambos os grupos.

#### 5.2.2.4.1 Aquisições durante estado de repouso.

Os gráficos de Coerência EEG, que podem refletir um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, levando em consideração as frequências estudadas, estão apresentados na figura 12.

Figura 12 - Coerência EEG para Grupos feminino e masculino. Aquisições: em repouso.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t de Student* não revelou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois grupos ( $p > 0,05$ ).

Assim como foi observado em todos os gráficos anteriores com aquisições realizadas com os participantes em estado de repouso, houve um aumento nos valores de Coerência para as quatro faixas de frequência estudadas. Da mesma forma, as maiores diferenças foram observadas na faixa Alpha, refletindo um elevado número de Coerências EEG tanto para os grupos feminino quanto masculino. Nota-se um maior número de pares de eletrodos de longa distância para o grupo feminino. Foram identificados sete pares de longa distância para este grupo, com escalas de intensidade variando de 89% a 80% e de 79% a 70% do valor máximo de Coerência para a faixa, sendo o par Fp2-O1 o de maior distância. Já o grupo masculino apresentou três pares de longa distância, com escala de intensidade de 79% a 70%

do valor máximo de Coerência para a faixa. Nota-se ainda, um par de longa distância na faixa Beta 1 para o grupo feminino (FZ-O1).

Mais uma vez, os achados estão em linha com as explicações previamente mencionadas para as diferenças relacionadas ao sexo no desempenho cognitivo, ou seja, que os grupos femininos tendem a ter uma representação mais difusa das funções cognitivas em comparação aos grupos masculinos (Hassler, 1990; Jaušovec e Jaušovec, 2005; McGlone, 1980). Volf & Razumnikova (1999) também destacaram diferenças pronunciadas nas características de Coerência EEG entre os hemisférios e entre os dois sexos. Os autores mostraram que o grupo feminino apresentou um aumento significativo e difuso de Coerência EEG entre os hemisférios em comparação com o grupo masculino. Essa tendência foi igualmente observada neste estudo, com o grupo feminino apresentando quatro Coerências entre os hemisférios (F3-O2, Fp2-O1, F4-O1 e F8-P3), enquanto o grupo masculino apresentou duas coerências desse tipo (F3-O2 e F4-O1).

Pode-se especular que a observação de coerências de longa distância no grupo masculino, ao contrário do que ocorreu no estudo com o grupo masculino de alto desempenho (item 5.2.2.2.2), se deve ao fato de que, neste caso, além de indivíduos de alto desempenho, ocorreram participações de indivíduos de médio e baixo desempenho, os quais, provavelmente, contribuíram para a presença de pares de longa distância.

Os gráficos também mostraram atividades padronizadas nas áreas frontais dos dois grupos para todas as faixas de frequências estudadas, principalmente em Fp1-F7, Fp2-F8 e F3-FZ-F4.

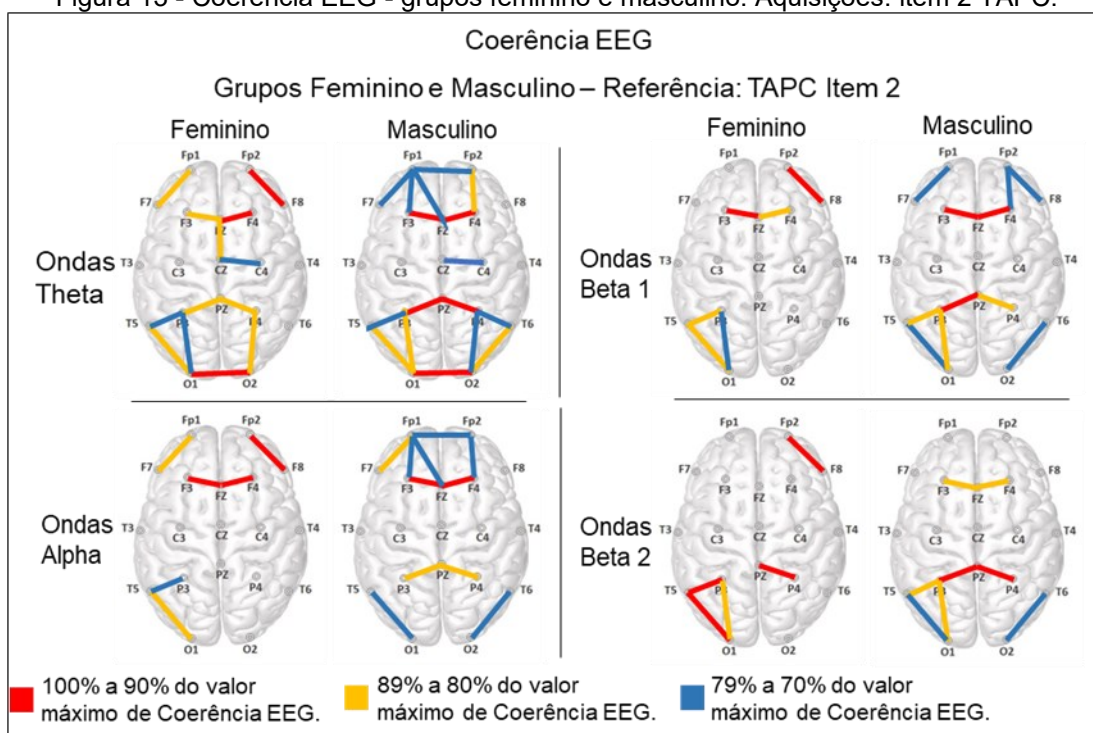
A atividade na região P3-T5-O1 também se fez presente, assim como em todos os registros em repouso, nas ondas Theta, Beta 1 e Beta 2.

Os valores de Coerência EEG utilizados para elaboração dos gráficos podem ser verificados no apêndice Q.

#### 5.2.2.4.2 Aquisições durante aplicações do item 2 do TAPC.

Os gráficos de Coerência EEG, que podem refletir um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, levando em consideração as frequências estudadas, estão apresentados na figura 13.

Figura 13 - Coerência EEG - grupos feminino e masculino. Aquisições: item 2 TAPC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t* de *Student* indicou diferenças significativas de médias, entre os dois grupos, em todas as faixas: Theta ( $t(36) = -5,105$ ;  $p < 0,05$ ), Alpha ( $t(36) = -3,346$ ;  $p < 0,05$ ), Beta 1 ( $t(36) = -2,155$ ;  $p < 0,05$ ), Beta 2 ( $t(36) = -2,920$ ;  $p < 0,05$ ), com o grupo feminino apresentando valores reduzidos em todas as faixas.

Estas diferenças significativas, que também foram observadas entre os grupos feminino e masculino com alto desempenho (item 5.2.2.2.2), podem estar relacionadas aos aspectos morfológicos descritos por Haier et al. (2005) e Rabinowicz et al. (1999).

Apesar de contar com participantes de alto, médio e baixo desempenho, alguns padrões distintos emergem nos dois grupos. O grupo feminino apresenta consistentemente atividade nos pares de eletrodos Fp1-F7, Fp2-F8, F3-FZ e FZ-F4 nas regiões frontais, exceto em Beta 2. Por outro lado, o grupo masculino demonstrou atividade nas regiões frontais F3-FZ, F4-FZ e nas regiões parietais P3-PZ e P4-PZ em todas as faixas estudadas. Além disso, o grupo masculino exibiu Coerência EEG nas áreas frontais, especificamente nos pares Fp1-Fp2, Fp1-F3, Fp1-FZ e Fp2-F4 nas faixas Theta e Alpha. Esses achados confirmam a importância, como já observado, das regiões frontais e parietais para o desempenho cognitivo (Jung & Haier, 2007).

Ainda considerando as diferenças de sexo observadas nos gráficos de Coerência EEG, pesquisadores constataram que em tarefas visuoespaciais, os grupos masculinos apresentam uma ativação parietal significativamente mais intensa, enquanto os grupos femininos demonstram uma ativação frontal significativamente maior. Também foi observada uma maior ativação da região frontal esquerda em grupos femininos em relação ao desempenho em testes verbais. Em resumo, sugere-se que as diferenças relacionadas ao sexo no desempenho em testes cognitivos podem ser observadas em relação ao tipo de tarefa (verbal/visuoespacial) e às regiões cerebrais ativadas (frontais, temporais-occipitais, parietais e parietais-occipitais) (Jaušovec e Jaušovec, 2005; Pflieger et al., 2004; Weiss et al., 2003).

Conforme abordado no item 5.2.2.2.2, questões morfológicas podem explicar tais diferenças. Estudiosos apresentaram um conjunto de evidências de que grupos feminino e masculino em diversos parâmetros estruturais do cérebro. Nopoulos et al. (2000) relataram que indivíduos de grupos masculinos têm cérebros maiores do que indivíduos do grupo feminino. Luders et al. (2004) relataram uma maior complexidade cortical (girificação e fissuração da superfície cerebral) em mulheres. Do ponto de vista topográfico, nos homens, as correlações entre o volume de substância cinzenta (neurônios) e o QI foram mais altas para regiões cerebrais frontais e parietais bilaterais, enquanto as correlações correspondentes nas mulheres foram menos robustas. Por outro lado, as correlações entre a inteligência (QI) e o volume de substância branca (axônios) foram mais pronunciadas nas mulheres (Haier et al., 2005).

Considerando esses achados, sugere-se que homens e mulheres possuem substratos subjacentes parcialmente diferentes relacionados ao desempenho cognitivo (Haier et al., 2005) e que podem ter refletido nas Coerências EEG geradas sob demanda do TAPC.

Outra característica notável é a presença de Coerência entre os eletrodos P3-T5-O1 (região relacionada ao estado de autopercepção ou autorregulação) nas faixas Theta, Beta 1 e Beta 2 para os dois grupos. Neste contexto, pode-se supor que esta região está associada ao controle da atividade sensório-motora, uma vez que o participante deve permanecer praticamente imóvel durante a maior parte do teste, exceto em momentos específicos em que é necessário mover o mouse do notebook para responder ou avançar para o próximo item do teste. Para as aquisições relativas ao item 2 do TAPC, esta região também se manifestou de forma consistente nas faixas

Theta, Beta 1 e Beta 2 apenas nos grupos de alto e baixo desempenho no TAPC (item 5.2.2.1.1). Estes foram os dois estudos de EEG com o maior número de participantes e, portanto, maior variabilidade de eventos e de valores de Coerência, o que pode explicar o fato.

Os valores de Coerência EEG utilizados para elaboração dos gráficos podem ser verificados no apêndice R.

### 5.3 Conclusão – Estudo Principal

Apresentados os quatro experimentos com EEG (itens 5.2.2.1 a 5.2.2.4), os resultados refletem, em linhas gerais, duas das principais teorias sobre a inteligência: a teoria da eficiência neural (Haier et al., 2006) e a teoria da integração parietal-frontal (Jung & Haier, 2007), diferenciando alto desempenho de baixo desempenho no TAPC. Os resultados também sugerem que as questões morfológicas apresentadas por Haier et al. (2005), Luders et al. (2004), Nopoulos et al. (2000) e Rabinowicz et al. (1999) podem estar na origem das diferenças identificadas entre os sexos feminino e masculino, particularmente no que se refere às médias de valores de Coerência e pares de longas distâncias, entre outros aspectos observados. Ademais, esses resultados assemelham-se aos obtidos em diversas avaliações de inteligência geral, que empregaram testes como as escalas de inteligência de Wechsler e outros testes específicos (Razumnikova, 2004; Thatcher et al., 2016; Volf & Razumnikova, 1999; entre outros).

Pode-se observar que:

- a. foram identificadas diferenças entre pares de longa distância nos grupos de alto e baixo desempenho no TAPC, especificamente nas ondas Alpha durante as aquisições em repouso;
- b. para os mesmos grupos de alto e de baixo desempenho, diferenças nas atividades das regiões frontais nas aquisições relacionadas ao item 2 do teste foram demonstradas;
- c. foram encontradas diferenças entre pares de longa distância nos grupos feminino e masculino de alto desempenho no TAPC, abrangendo as ondas Alpha, Beta 1 e Beta 2 nas aquisições em repouso;
- d. foram registradas diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência entre os grupos feminino e masculino de alto desempenho no TAPC,

- em todas as faixas de frequência estudadas durante as aquisições relacionadas ao item 2 do teste;
- e. foi identificada presença de pares de longa distância nos grupos femininos de alto e de baixo desempenho no TAPC, especificamente nas ondas Alpha durante as aquisições em repouso;
  - f. foram observadas diferenças nos padrões das atividades nas regiões frontais nos grupos femininos de alto e de baixo desempenho no TAPC, abrangendo todas as faixas de frequência nas aquisições relacionadas ao item 2 do teste;
  - g. notou-se a presença de pares de longa distância no grupo masculino, envolvendo indivíduos de alto, médio e baixo desempenho no TAPC, especialmente nas ondas Alpha durante as aquisições em repouso;
  - h. identificou-se atividade entre os eletrodos P3-T5-O1 nos grupos de alto e de baixo desempenho, bem como nos grupos feminino e masculino (desconsiderando o desempenho no TAPC), durante as aquisições relacionadas ao item 2 do teste. Essa atividade, que está relacionada à autopercepção/autorregulação, também esteve presente em todos os grupos durante as aquisições em repouso.

Todos esses achados são respaldados pela fundamentação científica discutida ao longo dos quatro experimentos de EEG apresentados.

Não se pode afirmar que as atividades corticais sob demanda do item 2 do TAPC, em cada um dos quatro experimentos, sejam específicas para as demandas de PC. No entanto, é possível especular que tais atividades sejam mais complexas e abrangentes do que as atividades geradas em resposta a demandas puramente visuoespaciais, verbais ou lógicas. Isso porque o PC pode envolver raciocínio lógico, raciocínio abstrato, memória de trabalho, memória episódica, entre outros aspectos.



## 6 CONCLUSÃO GERAL

O Estudo Preliminar (que envolveu o desenvolvimento do teste TAPC) e o Estudo Principal (dedicado à análise das diferenças de grupo relacionadas ao Pensamento Crítico (PC)) apresentaram resultados que mostram que tanto o objetivo principal quanto os objetivos específicos do Estudo Principal foram alcançados.

Os principais resultados apresentados são:

1. as diferenças de grupo quanto ao desempenho no teste TAPC, considerando indivíduos de áreas de conhecimento das ciências biológicas, exatas e humanas, com o grupo com indivíduos da área de exatas desempenhando melhor;
2. a correlação e o peso ou influência da inteligência cristalizada (avaliada pelo teste PISA) no desempenho do TAPC. Foi identificada uma correlação positiva e significativa entre os resultados dos testes TAPC e PISA, acompanhada por um modelo de regressão linear que indicou que o teste PISA, e, portanto, a inteligência cristalizada (*gc*), desempenham um papel substancial como preditores do desempenho no TAPC;
3. foram observadas, por meio de análises gráficas, diferenças de Coerência EEG (que podem indicar uma interação funcional entre redes corticais) entre grupos de alto e de baixo desempenho no TAPC, alinhando-se a duas das principais teorias sobre desempenho cognitivo: a teoria da eficiência neural e a teoria da integração parietal-frontal;
4. foram identificadas diferenças significativas entre as médias de valores de Coerência EEG dos grupos feminino e masculino de alto desempenho, em todas as faixas de frequência estudadas, para aquisições sob demanda do TAPC. Também foram identificadas presenças de pares de longa distância no grupo feminino para as ondas Alpha nas aquisições em repouso, o que não ocorreu no grupo masculino. Esses fatos podem estar relacionados a questões morfológicas;
5. pode-se observar diferenças nas Coerências EEG relativas às regiões frontais dos grupos femininos de alto e de baixo desempenho, com o grupo de baixo desempenho apresentado atividades corticais difusas e/ou irregulares. Sabe-se que as áreas do córtex pré-frontal se mostraram particularmente sensíveis às diferenças no desempenho cognitivo;

6. além do próprio TAPC, desenvolvido ao longo do Estudo Preliminar, principal teste usado e base para todas as análises do Estudo Principal.

É importante destacar que ao longo da realização dos dois estudos não foi possível encontrar outro estudo que tenha abordado a análise das diferenças entre grupos em relação ao desempenho no Pensamento Crítico (PC), especialmente com o uso de eletroencefalograma (EEG), no contexto brasileiro. Isso ressalta a singularidade e a contribuição significativa dos resultados obtidos nesta pesquisa para o cenário acadêmico.

Certamente, ao longo dos estudos, diversas limitações demandaram superação. A primeira delas surgiu devido à pandemia de Covid-19, que teve um impacto direto no desenvolvimento do teste TAPC. Todo o processo de criação e validação do teste ocorreu durante um período em que as atividades presenciais nas universidades estavam suspensas. Isso não apenas afetou a disponibilidade da população-alvo para participar do estudo, mas também tornou necessário conduzir as aplicações do TAPC e do teste independente de validação de forma remota.

Em circunstâncias normais, tais atividades teriam ocorrido em um ambiente universitário, o que proporcionaria um contato mais próximo entre o pesquisador, professores e seus alunos. Isso, sem dúvida, teria ampliado a disponibilidade de participantes para a validação do teste, bem como teria possibilitado a observação de outros instrumentos para o papel de teste independente na validação do TAPC.

Quanto ao teste em si, apesar das limitações e desafios mencionados, os fundamentos teóricos aplicados e os resultados estatísticos obtidos sugerem que o TAPC se mostrou uma ferramenta apropriada para o seu propósito. Este teste pode desempenhar um papel valioso como ponto de partida para estudos futuros e para o desenvolvimento de uma versão mais abrangente, incluindo um maior número de itens e cenários. Isto poderia permitir sua aplicação não apenas em contextos acadêmicos, mas também por instituições de ensino, empresas e indivíduos em geral.

Após o relaxamento das restrições e o retorno à “normalidade” nas universidades, novos desafios surgiram. O método da Estudo Principal originalmente incluía alunos das áreas das ciências biológicas, exatas e humanas de universidades públicas e privadas localizadas em Belo Horizonte/MG. Embora todas as três áreas tenham sido abordadas no estudo, houve uma representação majoritária de alunos de universidade pública, o que, inevitavelmente, limitou a diversidade da população testada no estudo.

Considerando os estudos com aquisições de EEG, apesar das diferenças e singularidades encontradas entre grupos e tipos de aquisições, o tamanho da amostra de cada um dos quatro estudos poderia ter sido maior. No entanto, muitos dos convites feitos para participação foram recusados. Em estudos futuros, será possível obter resultados que melhor reflitam a diversidade da população universitária e tenham maior poder estatístico mediante uma participação mais ampla de universidades públicas e privadas de diferentes regiões.

De maneira geral, os estudos desenvolvidos nesta tese apresentaram resultados inovadores no cenário acadêmico, com potencial para contribuir significativamente para a conscientização sobre a importância do Pensamento Crítico, bem como para a promoção de seu ensino, disseminação e aplicação no dia-a-dia. Isso vai além do contexto universitário e busca promover melhorias em diversos aspectos, tanto no nível individual quanto social.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF COLLEGES OF NURSING et al. A vision of baccalaureate and graduate nursing education: The next decade. **Journal of Professional Nursing**, v. 15, n. 1, p. 59-65, 1999.

AMERICAN MANAGEMENT ASSOCIATION et al. Critical skills survey: Executive summary. Retrieved from American Management Association website: <http://www.amanet.org/news/AMA-2010-critical-skills-survey.aspx>, 2010.

ANDREWS-HANNA, J. R. et al. Functional-anatomic fractionation of the brain's default network. **Neuron**, v. 65, n. 4, p. 550-562, 2010.

ANDRIOLA, W. B. Utilização da Teoria da Resposta ao Item (TRI) para a organização de um banco de itens destinados a avaliação do raciocínio verbal. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 11, p. 295-308, 1998.

ARLIN, P. K. A multitrait-multimethod validity study of a test of formal reasoning. **Educational and Psychological Measurement**, v. 42, n. 4, p. 1077-1088, 1982.

ARYADOUST, V. et al. A neurocognitive investigation of test methods and gender effects in listening assessment. **Computer Assisted Language Learning**, v. 35, n. 4, p. 743-763, 2022.

ARYADOUST, V.; NG, L. Y.; SAYAMA, H. A comprehensive review of Rasch measurement in language assessment: Recommendations and guidelines for research. **Language Testing**, v. 38, n. 1, p. 6-40, 2021.

AXMACHER, N.; ELGER, C. E.; FELL, J. Ripples in the medial temporal lobe are relevant for human memory consolidation. **Brain**, v. 131, n. 7, p. 1806-1817, 2008.

AZEVEDO, F. AC et al. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. **Journal of Comparative Neurology**, v. 513, n. 5, p. 532-541, 2009.

BAGHDADCHI, S. et al. Creating Environments for Critical Thinking: Building Upon Multiple Choice Problems in Electrical Engineering Education. In: **2019 ASEE Annual Conference & Exposition**. 2019.

BAŞAR, E. A review of alpha activity in integrative brain function: fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology. **International Journal of Psychophysiology**, v. 86, n. 1, p. 1-24, 2012.

BEAR, M. F.; PARADISO, M. A.; BARRY, W. C. **Neuroscience exploring the brain**. 2015.

BLINOWSKA, K.; DURKA, P. Electroencephalography (eeg). **Wiley encyclopedia of biomedical engineering**, 2006.

BLOCK, J. The Q-sort method in personality assessment and psychiatric research. 1961.

BLOOM, P. How do morals change?. **Nature**, v. 464, n. 7288, p. 490-490, 2010.

BLOOM, P. **O que nos faz bons ou maus**. Editora Best Seller, 2014.

BOCCALANDRO, E. R. Coleção G-38: teste não verbal de inteligência. 2003.

BOCCALANDRO, E. R. G-36 Teste não verbal de inteligência: Manual de instruções. São Paulo, SP: Vetor, 1966.

BOLGER, D. J. et al. The role and sources of individual differences in critical-analytic thinking: a capsule overview. **Educational Psychology Review**, v. 26, n. 4, p. 495-518, 2014.

BORSBOOM, D. **Measuring the mind: Conceptual issues in contemporary psychometrics**. Cambridge University Press, 2005.

BRIER, M. R. et al. Frontal theta and alpha power and coherence changes are modulated by semantic complexity in Go/NoGo tasks. **International Journal of Psychophysiology**, v. 78, n. 3, p. 215-224, 2010.

BROTHERTON, P. Critical thinking: A top skill for future leaders. **T+ D**, v. 65, n. 11, p. 24, 2011.

BURBULES, N. C.; BERK, R. Critical thinking and critical pedagogy: Relations, differences, and limits. **Critical theories in education: Changing terrains of knowledge and politics**, p. 45-65, 1999.

BURHAN, N. A. S. et al. Crimes and the Bell curve: The role of people with high, average, and low intelligence. **Intelligence**, v. 47, p. 12-22, 2014.

BUTLER, H. A. Halpern Critical Thinking Assessment predicts real-world outcomes of critical thinking. **Applied Cognitive Psychology**, v. 26, n. 5, p. 721-729, 2012.

BUTLER, H. A.; PENTONEY, C.; BONG, M. P. Predicting real-world outcomes: Critical thinking ability is a better predictor of life decisions than intelligence. **Thinking Skills and Creativity**, v. 25, p. 38-46, 2017.

CHEN, S. et al. Comparison of FFT and marginal spectra of EEG using empirical mode decomposition to monitor anesthesia. **Computer methods and programs in biomedicine**, v. 137, p. 77-85, 2016.

CHENG, P. W.; NISBETT, R. E. Pragmatic constraints on causal deduction. **Rules for reasoning**, p. 207-227, 1993.

CHIKHI, S.; MATTON, N.; BLANCHET, S. EEG power spectral measures of cognitive workload: A meta-analysis. **Psychophysiology**, v. 59, n. 6, p. e14009, 2022.

COLOM, R.; FLORES-MENDOZA, C. E. Intelligence predicts scholastic achievement irrespective of SES factors: Evidence from Brazil. **Intelligence**, v. 35, n. 3, p. 243-251, 2007.

CONWAY, A. R. et al. A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. **Intelligence**, v. 30, n. 2, p. 163-183, 2002.

CURRIE, S.; SEMPLE, S.; GRACE, J. Power Balance bands, do they work? Short-term effects on postural stability, flexibility, and grip strength. **HealthMED**, v. 7, n. 1, p. 254-258, 2013.

DA SILVA, J. A. **Inteligência: resultado da genética, do ambiente ou de ambos?**. Lovise, 2005.

DA SILVA, J. A.; RIBEIRO-FILHO, N. P.; DOS SANTOS, R. C. Inteligência humana e suas implicações. **Temas em psicologia**, v. 20, n. 1, p. 155-187, 2012.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. *Statistics without maths for psychology*. Pearson education, 2007.

DEARY, I. J. et al. Brother–sister differences in the g factor in intelligence: Analysis of full, opposite-sex siblings from the NLSY1979. **Intelligence**, v. 35, n. 5, p. 451-456, 2007.

DEARY, I. J. **Intelligence: A very short introduction**. Oxford University Press, USA, 2020.

DEARY, I. J.; PENKE, L.; JOHNSON, W. The neuroscience of human intelligence differences. **Nature reviews neuroscience**, v. 11, n. 3, p. 201-211, 2010.

DESAI, M. S.; BERGER, B. D.; HIGGS, R. Critical thinking skills for business school graduates as demanded by employers: a strategic perspective and recommendations. **Academy of Educational Leadership Journal**, v. 20, n. 1, p. 10-31, 2016.

DESAI, R.; TAILOR, A.; BHATT, T. Effects of yoga on brain waves and structural activation: A review. **Complementary therapies in clinical practice**, v. 21, n. 2, p. 112-118, 2015.

DISALVO, D. Power balance scam shows again that the pseudoscience song remains the same. **Psychology Today**, 2011.

DOPPELMAYR, M. et al. The time locked theta response reflects interindividual differences in human memory performance. **Neuroscience Letters**, v. 278, n. 3, p. 141-144, 2000.

DOPPELMAYR, M. et al. The functional significance of absolute power with respect to event-related desynchronization. **Brain topography**, v. 11, p. 133-140, 1998.

DUNCAN, J. et al. A neural basis for general intelligence. **Science**, v. 289, n. 5478, p. 457-460, 2000.

ELETRONPI. M034 - Fase do Sinal Senoidal. 2013-2017. Disponível em: <<http://www.eletronpi.com.br/ce-034-sinal-senoidal-fase.aspx>>. Acesso em: 12 de dez. de 2023.

EMBRETSON, S. E.; REISE, S. P. Multivariate applications books series. Item response theory for psychologists. 2000.

ENNIS, R.; MILLMAN, J.; TOMKO, T. N. Cornell critical thinking tests level X & Level Z Manual, (revised). **Seaside, CA: The Critical Thinking Co**, 2005a.

ENNIS, R. H.; MILLMAN, J.; TOMKO, T. N. Cornell critical thinking tests: Administration manual. **California: Critical Thinking Company**, 2005b.

ENNIS, R. H.; WEIR, E. E. The Ennis-Weir critical thinking essay test: An instrument for teaching and testing. Midwest Publications, 1985.

FACIONE, P. A. et al. Critical thinking: What it is and why it counts. **Insight assessment**, v. 1, n. 1, p. 1-23, 2011.

FACIONE, P. A. The California Critical Thinking Skills Test--College Level. Technical Report# 1. Experimental Validation and Content Validity. 1990.

FACIONE, P. A.; FACIONE, N. C.; GIANCARLO, C. F. The motivation to think in working and learning. **New directions for higher education**, p. 67-80, 1996.

FAUL, F. et al. Statistical power analyses using G\* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. **Behavior research methods**, v. 41, n. 4, p. 1149-1160, 2009.

FERNÁNDEZ, T. et al. EEG activation patterns during the performance of tasks involving different components of mental calculation. **Electroencephalography and clinical neurophysiology**, v. 94, n. 3, p. 175-182, 1995.

FERREIRA, L. S. et al. **Manual do técnico em EEG**. Thieme Revinter, 2022.

FINGELKURTS, A. A.; FINGELKURTS, A. A. Topographic mapping of rapid transitions in EEG multiple frequencies: EEG frequency domain of operational synchrony. **Neuroscience research**, v. 68, n. 3, p. 207-224, 2010.

FINN, P. Critical thinking: Knowledge and skills for evidence-based practice. 2011.

FISCHER, S. C.; SPIKER, V. A.; RIEDEL, S. L. Application of a theory of critical thinking to Army command and control. **Alexandria, VA: US Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences**, 2000.

FISHER, A. Critical thinking: An introduction. 2011.

FISHER, A.; SCRIVEN, M. **Critical thinking its definition and assessment**. Centre for research in Critical Thinking, 1997.

FRANCO, A. H. R.; ALMEIDA, L. S. Critical thinking in college: differential analysis by academic year and scientific area. 2015.

FRANCO, A. R.; COSTA, P. S.; DA SILVA ALMEIDA, L. Translation, adaptation, and validation of the Halpern Critical Thinking Assessment to Portugal: Effect of disciplinary area and academic level on critical thinking. **Anales de Psicología/Annals of Psychology**, v. 34, n. 2, p. 292-298, 2018.

FREUNBERGER, R. et al. Dissociation between phase-locked and nonphase-locked alpha oscillations in a working memory task. **Human brain mapping**, v. 30, n. 10, p. 3417-3425, 2009.

GEVINS, A. et al. High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. **Cerebral cortex (New York, NY: 1991)**, v. 7, n. 4, p. 374-385, 1997.

GEVINS, A. et al. Monitoring working memory load during computer-based tasks with EEG pattern recognition methods. **Human factors**, v. 40, n. 1, p. 79-91, 1998.

GHADI, I. et al. Construct validity examination of critical thinking dispositions for undergraduate students in University Putra Malaysia. **Higher Education Studies**, v. 2, n. 2, p. 138-145, 2012.

GLASER, E. M. An experiment in development of critical thinking. **Teachers College Record**, v. 43, n. 5, p. 1-18, 1942.

GOTTFREDSON, L. S. Hans Eysenck's theory of intelligence, and what it reveals about him. **Personality and Individual Differences**, v. 103, p. 116-127, 2016.

GOTTFREDSON, L. S. Mainstream science on intelligence: An editorial with 52 signatories, history, and bibliography. **Intelligence**, v. 24, n. 1, p. 13-23, 1997a.

GOTTFREDSON, L. S. Why g matters: The complexity of everyday life. **Intelligence**, v. 24, n. 1, p. 79-132, 1997b.

GRABNER, R. H. et al. Intelligence and working memory systems: evidence of neural efficiency in alpha band ERD. **Cognitive Brain Research**, v. 20, n. 2, p. 212-225, 2004.

GRABNER, R. H.; NEUBAUER, A. C.; STERN, E. Superior performance and neural efficiency: The impact of intelligence and expertise. **Brain research bulletin**, v. 69, n. 4, p. 422-439, 2006.

GRAY, J. R.; THOMPSON, P. M. Neurobiology of intelligence: science and ethics. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 5, n. 6, p. 471-482, 2004.



GROSSMANN, I. et al. A route to well-being: intelligence versus wise reasoning. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 142, n. 3, p. 944, 2013.

GUEVARA, M. A.; CORSI-CABRERA, M. EEG coherence or EEG correlation?. **International Journal of Psychophysiology**, v. 23, n. 3, p. 145-153, 1996.

GUZZO, G. B.; DO ROSÁRIO LIMA, V. M. The development of critical thinking in education: A feasible goal?. **Educação Unisinos**, v. 22, n. 4, p. 334, 2018.

HAIER, R. J. 6. Teoria biológica da inteligência. In: **Introdução à psicologia das diferenças individuais**. p. 131-142, 2006.

HAIER, R. J. et al. Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography. **Intelligence**, v. 12, n. 2, p. 199-217, 1988.

HAIER, R. J. et al. The neuroanatomy of general intelligence: sex matters. **NeuroImage**, v. 25, n. 1, p. 320-327, 2005.

HAIER, R. J.; WHITE, N. S.; ALKIRE, M. T. Individual differences in general intelligence correlate with brain function during nonreasoning tasks. **Intelligence**, v. 31, n. 5, p. 429-441, 2003.

HALPERN, D. F. Halpern critical thinking assessment. schuhfried (Vienna test system). 2010.

HALPERN, D. F. Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring. **American psychologist**, v. 53, n. 4, p. 449, 1998.

HALPERN, D. F. **Thought and knowledge: An introduction to critical thinking**. psychology press, 2013.

HALPERN, D. F.; DUNN, Dana S. Critical thinking: A model of intelligence for solving real-world problems. **Journal of Intelligence**, v. 9, n. 2, p. 22, 2021.

HANSLMAYR, S. et al. Anticipatory signatures of voluntary memory suppression. **Journal of Neuroscience**, v. 29, n. 9, p. 2742-2747, 2009.

HANSLMAYR, S. et al. The role of alpha oscillations in temporal attention. **Brain research reviews**, v. 67, n. 1-2, p. 331-343, 2011.

HANSLMAYR, S.; MATUSCHEK, Jonas; FELLNER, Marie-Christin. Entrainment of prefrontal beta oscillations induces an endogenous echo and impairs memory formation. **Current biology**, v. 24, n. 8, p. 904-909, 2014.

HARMONY, T. The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. **Frontiers in integrative neuroscience**, v. 7, p. 83, 2013.

HASSLER, M. Functional cerebral asymmetries and cognitive abilities in musicians, painters, and controls. **Brain and Cognition**, v. 13, n. 1, p. 1-17, 1990.

HERRMANN, C. S. et al. EEG oscillations: from correlation to causality. **International Journal of Psychophysiology**, v. 103, p. 12-21, 2016.

HILGER, K. et al. Temporal stability of functional brain modules associated with human intelligence. **Human brain mapping**, v. 41, n. 2, p. 362-372, 2020.

HILL, B. D. et al. Need for cognition is related to higher general intelligence, fluid intelligence, and crystallized intelligence, but not working memory. **Journal of Research in Personality**, v. 47, n. 1, p. 22-25, 2013.

HONDROU, C.; CARIDAKIS, G. Affective, natural interaction using EEG: sensors, application and future directions. In: **Artificial Intelligence: Theories and Applications: 7th Hellenic Conference on AI, SETN 2012, Lamia, Greece, May 28-31, 2012. Proceedings 7**. Springer Berlin Heidelberg, p. 331-338, 2012.

HUMMEL, F. et al. Inhibitory control of acquired motor programmes in the human brain. **Brain**, v. 125, n. 2, p. 404-420, 2002.

HUNTER, J. E.; SCHMIDT, F. L. Intelligence and job performance: Economic and social implications. **Psychology, Public Policy, and Law**, v. 2, n. 3-4, p. 447, 1996.

HUNTER, S. K. Sex differences in fatigability of dynamic contractions. **Experimental physiology**, v. 101, n. 2, p. 250-255, 2016.

HUSTER, R. J. et al. Electroencephalography of response inhibition tasks: functional networks and cognitive contributions. **International journal of psychophysiology**, v. 87, n. 3, p. 217-233, 2013.

JAARSVELD, S. et al. Intelligence in creative processes: An EEG study. **Intelligence**, v. 49, p. 171-178, 2015.

JAHIDIN, A. H. et al. Classification of intelligence quotient via brainwave sub-band power ratio features and artificial neural network. **Computer methods and programs in biomedicine**, v. 114, n. 1, p. 50-59, 2014.

JAUŠOVEC, N.; JAUŠOVEC, K. Differences in event-related and induced brain oscillations in the theta and alpha frequency bands related to human intelligence. **Neuroscience letters**, v. 293, n. 3, p. 191-194, 2000.

JAUŠOVEC, N.; JAUŠOVEC, K. Sex differences in brain activity related to general and emotional intelligence. **Brain and cognition**, v. 59, n. 3, p. 277-286, 2005.

JENSEN, A. R. **Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences**. Elsevier, 2006.

JENSEN, A. R. The theory of intelligence and its measurement. **Intelligence**, v. 39, n. 4, p. 171-177, 2011.

JENSEN, O.; MAZAHERI, A. Shaping functional architecture by oscillatory alpha activity: gating by inhibition. **Frontiers in human neuroscience**, v. 4, p. 186, 2010.

JENSEN, O.; TESCHE, C. D. Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. **European journal of Neuroscience**, v. 15, n. 8, p. 1395-1399, 2002.

JOKISCH, D.; JENSEN, O. Modulation of gamma and alpha activity during a working memory task engaging the dorsal or ventral stream. **Journal of Neuroscience**, v. 27, n. 12, p. 3244-3251, 2007.

JUNG, R. E.; HAIER, R. J. The Parieto-Frontal Integration Theory (P-FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence. **Behavioral and brain sciences**, v. 30, n. 2, p. 135-154, 2007.

JUNQUEIRA, R. D. MARTINS, D. A.; LACERDA, Cristina B. F. Política de acessibilidade e exame nacional do ensino médio (ENEM). **Educação & Sociedade**, v. 38, p. 453-471, 2017.

KAISER, D. A.; STERMAN, M. B. Automatic artifact detection, overlapping windows, and state transitions. **Journal of Neurotherapy**, v. 4, n. 3, p. 85-92, 2001.

KANG, J. et al. Difference in brain activation patterns of individuals with high and low intelligence in linguistic and visuo-spatial tasks: An EEG study. **Intelligence**, v. 61, p. 47-55, 2017.

KARMILOFF-SMITH, A. Nativism versus neuroconstructivism: rethinking the study of developmental disorders. **Developmental psychology**, v. 45, n. 1, p. 56, 2009.

KAUFMAN, J. C.; KAUFMAN, S. B.; PLUCKER, J. A. Contemporary theories of intelligence. 2013.

KIEVIT, R. A. et al. A watershed model of individual differences in fluid intelligence. **Neuropsychologia**, v. 91, p. 186-198, 2016.

KING, P. M.; WOOD, P. K.; MINES, R. A. Critical thinking among college and graduate students. **The review of higher education**, v. 13, n. 2, p. 167-186, 1990.

KLIMESCH, W. et al. Episodic retrieval is reflected by a process specific increase in human electroencephalographic theta activity. **Neuroscience letters**, v. 302, n. 1, p. 49-52, 2001.

KLIMESCH, W. et al. Paradoxical alpha synchronization in a memory task. **Cognitive Brain Research**, v. 7, n. 4, p. 493-501, 1999.

KLIMESCH, W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. **Trends in cognitive sciences**, v. 16, n. 12, p. 606-617, 2012.

KLIMESCH, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. **Brain research reviews**, v. 29, n. 2-3, p. 169-195, 1999.

KLIMESCH, W. EEG-alpha rhythms and memory processes. **International Journal of psychophysiology**, v. 26, n. 1-3, p. 319-340, 1997.

KORNBLITH, S.; BUSCHMAN, T. J.; MILLER, E. K. Stimulus load and oscillatory activity in higher cortex. **Cerebral Cortex**, v. 26, n. 9, p. 3772-3784, 2016.

KOSONEN, P.; WINNE, P. H. Effects of teaching statistical laws on reasoning about everyday problems. **Journal of Educational psychology**, v. 87, n. 1, p. 33, 1995.

KRETZSCHMAR, A. et al. Construct validity of complex problem solving: A comprehensive view on different facets of intelligence and school grades. **Intelligence**, v. 54, p. 55-69, 2016.

KU, K. YL. Assessing students' critical thinking performance: Urging for measurements using multi-response format. **Thinking skills and creativity**, v. 4, n. 1, p. 70-76, 2009.

KU, K. YL; HO, I. T. Dispositional factors predicting Chinese students' critical thinking performance. **Personality and individual differences**, v. 48, n. 1, p. 54-58, 2010.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. **Biometrics**, p. 363-374, 1977.

LI, Y. et al. Brain anatomical network and intelligence. **PLoS computational biology**, v. 5, n. 5, p. e1000395, 2009.

LINACRE, J. M. A User's guide to Winsteps-ministep: Rasch-model computer programs. **Program Manual 3.68. 0**. Chicago, IL, 2009.

LINACRE, J. M. et al. What do infit and outfit, mean-square and standardized mean. **Rasch measurement transactions**, v. 16, n. 2, p. 878, 2002.

LIPMAN, M. Philosophy for children's debt to Dewey. In: **Pragmatism, education, and children**. Brill, p. 141-151, 2008.

LIU, N. et al. The effect of gender role orientation on student nurses' caring behaviour and critical thinking. **International journal of nursing studies**, v. 89, p. 18-23, 2019.

LUDERS, E. et al. Gender differences in cortical complexity. **Nature neuroscience**, v. 7, n. 8, p. 799-800, 2004.

LUDERS, E. et al. Neuroanatomical correlates of intelligence. **Intelligence**, v. 37, n. 2, p. 156-163, 2009.

MARCO-PALLARÉS, J.; MÜNTE, T. F.; RODRÍGUEZ-FORNELLS, A. The role of high-frequency oscillatory activity in reward processing and learning. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 49, p. 1-7, 2015.

MARNI, S. et al. Students' critical thinking skills based on gender and knowledge group. **Journal of Turkish Science Education**, v. 17, n. 4, p. 544-560, 2020.

MCGLONE, J. Sex differences in human brain asymmetry: A critical survey. **Behavioral and brain sciences**, v. 3, n. 2, p. 215-227, 1980.

MCGREW, K. S. CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the giants of psychometric intelligence research. **Intelligence**, v. 37, n. 1, p. 1-10, 2009.

MITCHELL, D. J. et al. Frontal-midline theta from the perspective of hippocampal "theta". **Progress in neurobiology**, v. 86, n. 3, p. 156-185, 2008.

NEUBAUER, A. C. et al. Intelligence and neural efficiency: Further evidence of the influence of task content and sex on the brain-IQ relationship. **Cognitive Brain Research**, v. 25, n. 1, p. 217-225, 2005.

Neurovirtual. Manual do Usuário BWII EEG PSG (Ed. rev.), 2009.

NICKERSON, R. S. Technology in education in 2020: Thinking about the not-distant future. **Technology in education: Looking toward**, p. 1-9, 2020.

NISBETT, R. E. et al. Intelligence: new findings and theoretical developments. **American psychologist**, v. 67, n. 2, p. 130, 2012.

NOPOULOS, P. et al. Sexual dimorphism in the human brain: evaluation of tissue volume, tissue composition and surface anatomy using magnetic resonance imaging. **Psychiatry Research: Neuroimaging**, v. 98, n. 1, p. 1-13, 2000.

NORMAN, G. R.; STREINER, D. L. **Biostatistics: The Bare Essentials Shelton**. Connecticut: People's Medical House-USA, 2014.

NORRIS, S. P.; ENNIS, R. H. **Evaluating Critical Thinking. The Practitioners' Guide to Teaching Thinking Series**. Critical Thinking Press and Software, Box 448, Pacific Grove, CA 93950-0448; tele, 1989.

OCDE, OECD. **OECD Skills Studies: Skills for Social Progress: The Power of Social and Emotional Skills**. OECD Publishing, 2015.

OLIVEIRA, A. S. R.; SILVA, I. R. Indicadores educacionais no Ensino Superior Brasileiro: possíveis articulações entre desempenho e características do alunado. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 23, p. 157-177, 2018.

OLIVEIRA, R. R1: teste não verbal de inteligência - Forma B. 1973.

PAPATHANASIOU, I. V. et al. Critical thinking: the development of an essential skill for nursing students. **Acta Informatica Medica**, v. 22, n. 4, p. 283, 2014.

PASQUALI, L. **Instrumentação psicológica: fundamentos e práticas**. Artmed Editora, 2009.

PASQUALI, L.; PRIMI, R. Fundamentos da teoria da resposta ao item: TRI. **Avaliação Psicológica: Interamerican Journal of Psychological Assessment**, v. 2, n. 2, p. 99-110, 2003.

PAUL, R.; FISHER, A.; NOSICH, G. Workshop on critical thinking strategies. **Foundation for Critical Thinking Strategies Sonoma State University**, 1993.

PEREIRA, S.; ALICH, V. A avaliação do pensamento crítico numa perspetiva psicológica. **Pensamento crítico na educação. Desafios atuais**, p. 87-98, 2015.

PERKINS, D. N.; GROTZER, T. A. Teaching intelligence. **American psychologist**, v. 52, n. 10, p. 1125, 1997.

PFLEIDERER, B. et al. N-acetylaspartate levels of left frontal cortex are associated with verbal intelligence in women but not in men: a proton magnetic resonance spectroscopy study. **Neuroscience**, v. 123, n. 4, p. 1053-1058, 2004.

PFURTSCHELLER, G.; ARANIBAR, A. Occipital rhythmic activity within the alpha band during conditioned externally paced movement. **Electroencephalography and clinical neurophysiology**, v. 45, n. 2, p. 226-235, 1978.

PHAN, H. P. Critical thinking as a self-regulatory process component in teaching and learning. **Psicothema**, p. 284-292, 2010.

PINKER, S. **Os anjos bons da nossa natureza: porque a violência diminuiu**. Editora Companhia das Letras, 2013.

PITT, V. et al. The influence of critical thinking skills on performance and progression in a pre-registration nursing program. **Nurse education today**, v. 35, n. 1, p. 125-131, 2015.

PU, D. et al. Influence of critical thinking disposition on the learning efficiency of problem-based learning in undergraduate medical students. **BMC medical education**, v. 19, p. 1-8, 2019.

PUEYO, A. A. 4. Modelos psicométricos da inteligência. In: **Introdução à psicologia das diferenças individuais**, p. 73-100, 2006.

RABINOWICZ, T. et al. Gender differences in the human cerebral cortex: more neurons in males; more processes in females. **Journal of Child Neurology**, v. 14, n. 2, p. 98-107, 1999.

- RAZUMNIKOVA, O. M. Gender differences in hemispheric organization during divergent thinking: an EEG investigation in human subjects. **Neuroscience Letters**, v. 362, n. 3, p. 193-195, 2004.
- REZLESCU, C. et al. More time for science: Using Testable to create and share behavioral experiments faster, recruit better participants, and engage students in hands-on research. **Progress in brain research**, v. 253, p. 243-262, 2020.
- RINDERMANN, H.; STIEGMAIER, E.; MEISENBERG, G. Cognitive ability of preschool, primary and secondary school children in Costa Rica. **Journal of biosocial science**, v. 47, n. 3, p. 281-310, 2015.
- RIVAS, S. F.; SÁNCHEZ, C. S. Validación y propiedades psicométricas de la prueba de pensamiento crítico PENCRISAL. **Rema**, v. 17, n. 1, p. 18-34, 2012.
- ROSER, M. E. et al. Right hemisphere dominance in visual statistical learning. **Journal of cognitive neuroscience**, v. 23, n. 5, p. 1088-1099, 2011.
- RUEDA, F. R. M.; CASTRO, N. R. Teste de inteligência—TI. São Paulo: Vetor, 2012.
- SALAHSHOOR, N.; RAFIEE, M. The relationship between critical thinking and gender: A case of Iranian EFL learners. **Journal of Applied Linguistics and Language Research**, v. 3, n. 2, p. 117-123, 2016.
- SALTHOUSE, T. A. The processing-speed theory of adult age differences in cognition. **Psychological review**, v. 103, n. 3, p. 403, 1996.
- SANTANA, D. A. S. **Capacidades de pensamento crítico: construção e validação de um instrumento de avaliação**. 94 p. Dissertação (Ensino de Ciências e Matemática), PÓS-Graduação Em Ensino De Ciências E Matemática, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.
- SANTOS, A. A.; NORONHA, A. P. P.; SISTO, F. F. R1-Forma B Intelligence Test and G36: evidences of convergent validity. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 10, p. 191-197, 2005.
- SARAIVA, J. Coronavirus: 300 pessoas morrem envenenadas após beberem metanol. *Metrópoles*, 2020. Disponível em: <<https://www.metropoles.com/saude/coronavirus-300-pessoas-morrem-envenenadas-apos-beberem-metanol>>. 20 de abril de 2021.
- SCHAFER, E. W. P. Neural adaptability: A biological determinant of behavioral intelligence. **International Journal of Neuroscience**, v. 17, n. 3, p. 183-191, 1982.
- SCHULTZ, D. H.; COLE, M. W. Higher intelligence is associated with less task-related brain network reconfiguration. **Journal of neuroscience**, v. 36, n. 33, p. 8551-8561, 2016.
- SCHÜRMAN, M.; BAŞAR, E. Functional aspects of alpha oscillations in the EEG. **International Journal of Psychophysiology**, v. 39, n. 2-3, p. 151-158, 2001.

SIEGEL, H. **Rationality redeemed?: Further dialogues on an educational ideal.** Routledge, 2013.

SIEGEL, H. The rationality of science, critical thinking, and science education. **Synthese**, v. 80, p. 9-41, 1989.

SINGER, P. **The expanding circle: Ethics, evolution, and moral progress.** Princeton University Press, 2011.

SOUSA, M. A. **Avaliação do pensamento crítico: análise das propriedades psicométricas de um teste de raciocínio lógico-dedutivo.** 94 p. Dissertação (Desenvolvimento Cognitivo). Departamento de Psicologia, Universidade Federal De Pernambuco, Recife, 2015.

STANOVICH, K. E. **What intelligence tests miss: The psychology of rational thought.** Yale University Press, 2009.

STANOVICH, K. E.; SÁ, W. C.; WEST, R. F. Individual Differences in Thinking, Reasoning, and Decision Making. 2004.

STANOVICH, K. E.; WEST, R. F. On the failure of cognitive ability to predict myside and one-sided thinking biases. **Thinking & Reasoning**, v. 14, n. 2, p. 129-167, 2008.

STANOVICH, K. E.; WEST, R. F. What intelligence tests miss. **The Psychologist**, v. 27, n. 2, p. 80-83, 2014.

STEGER, D.; SCHROEDERS, U.; WILHELM, O. On the dimensionality of crystallized intelligence: A smartphone-based assessment. **Intelligence**, v. 72, p. 76-85, 2019.

STERNBERG, R. J. **Intelligence.** John Wiley & Sons, Inc, 2013.

STRENZE, T. Intelligence and socioeconomic success: A meta-analytic review of longitudinal research. **Intelligence**, v. 35, n. 5, p. 401-426, 2007.

TADAYON, E.; PASCUAL-LEONE, A.; SANTARNECCHI, E. Differential contribution of cortical thickness, surface area, and gyrification to fluid and crystallized intelligence. **Cerebral Cortex**, v. 30, n. 1, p. 215-225, 2020.

TADEL, F. et al. Brainstorm: a user-friendly application for MEG/EEG analysis. **Computational intelligence and neuroscience**, v. 2011, p. 1-13, 2011.

TAUBE, K. T. **Critical thinking ability and disposition as factors of performance on a written critical thinking test.** Purdue University, 1993.

TEPLAN, M. et al. Fundamentals of EEG measurement. **Measurement science review**, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2002.



THATCHER, R. W. et al. Intelligence and eeg measures of information flow: efficiency and homeostatic neuroplasticity. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 38890, 2016.

THATCHER, R. W.; NORTH, D. M.; BIVER, C. J. Development of cortical connections as measured by EEG coherence and phase delays. **Human brain mapping**, v. 29, n. 12, p. 1400-1415, 2008.

THATCHER, R. W.; NORTH, D.; BIVER, C. EEG and intelligence: relations between EEG coherence, EEG phase delay and power. **Clinical neurophysiology**, v. 116, n. 9, p. 2129-2141, 2005.

UOL. **Ingestão de álcool para falsa cura contra coronavírus já matou 300 no Irã**. UOL, 2020. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/internacional/ultimas-noticias/2020/03/27/ira-veneno-coronavirus.htm>>. Acesso em 16 de abril de 2020.

VAN DEN HEUVEL, M. P. et al. Aberrant frontal and temporal complex network structure in schizophrenia: a graph theoretical analysis. **Journal of Neuroscience**, v. 30, n. 47, p. 15915-15926, 2010.

VAN ZILE-TAMSEN, C. Using Rasch analysis to inform rating scale development. **Research in Higher Education**, v. 58, n. 8, p. 922-933, 2017.

VOLF, N. V.; RAZUMNIKOVA, O. M. Sex differences in EEG coherence during a verbal memory task in normal adults. **International Journal of Psychophysiology**, v. 34, n. 2, p. 113-122, 1999.

VON STEIN, A.; SARNTHEIN, J. Different frequencies for different scales of cortical integration: from local gamma to long range alpha/theta synchronization. **International journal of psychophysiology**, v. 38, n. 3, p. 301-313, 2000.

WATSON, G. **Watson-Glaser critical thinking appraisal**. San Antonio, TX: Psychological Corporation, 1980.

WECHSLER, S. Um. et al. Creative and critical thinking: Independent or overlapping components?. **Thinking skills and creativity**, v. 27, p. 114-122, 2018.

WEINBERG, R. A. Intelligence and IQ: Landmark issues and great debates. **American psychologist**, v. 44, n. 2, p. 98, 1989.

WEISS, E. et al. Sex differences in brain activation pattern during a visuospatial cognitive task: a functional magnetic resonance imaging study in healthy volunteers. **Neuroscience letters**, v. 344, n. 3, p. 169-172, 2003.

WEISS, S.; MUELLER, H. M. The contribution of EEG coherence to the investigation of language. **Brain and language**, v. 85, n. 2, p. 325-343, 2003.

WEISS, S.; MUELLER, H. M. Too many betas do not spoil the broth: the role of beta brain oscillations in language processing. **Frontiers in psychology**, v. 3, p. 201, 2012.

WENG, W. Eight skills in future work. **Education**, v. 135, n. 4, p. 419-422, 2015.

WIRTHWEIN, L.; ROST, D. H. Giftedness and subjective well-being: A study with adults. **Learning and individual differences**, v. 21, n. 2, p. 182-186, 2011.

WYSPIANSKI, J. O. **EEG brain waves and creative thinking**. 1929. Tese de Doutorado. University of Ottawa (Canada).

YUE, M. et al. The effectiveness of concept mapping on development of critical thinking in nursing education: A systematic review and meta-analysis. **Nurse education today**, v. 52, p. 87-94, 2017.

ZAKHAROV, I. et al. Alpha band resting-state EEG connectivity is associated with non-verbal intelligence. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 14, p. 10, 2020.

## APÊNDICE A – Itens TAPC de aplicação geral (N = 192)

### Item 1

Uma candidata à prefeitura de São Paulo foi questionada sobre uma proposta de lei que visava a distribuição de seringas e agulhas para dependentes químicos na área conhecida como “Cracolândia”, como medida para prevenir a disseminação de doenças como a AIDS. A candidata declarou não apoiar a proposta, alegando que não a considera adequada.

Qual das afirmações abaixo é uma crítica razoável à resposta da candidata:

- (1) Ela não se preocupa com a disseminação de doenças ou com os dependentes químicos compartilhando agulhas.
- (2) A candidata não deu qualquer razão para sua decisão.
- (3) Ela não deve ter conhecimento sobre dependência química.
- (4) A candidata não se preocupa com os dependentes químicos que frequentam a “cracolândia”.

### Item 2

Conforme relatado em uma reportagem de um renomado jornal: “No local do crime, policiais e detetives reuniram todos os indícios possíveis, incluindo fibras de tecidos, fios de cabelo, impressões digitais e pontas de cigarro. Os poucos fios de cabelo encontrados na jaqueta da vítima são ruivos e, de forma intrigante, se assemelham aos do suspeito. Se fosse possível comprovar que esses fios de cabelo pertencem de fato ao suspeito, isso poderia ser uma evidência de que ele esteve em contato com a vítima”.

Baseado nessas informações, qual é a melhor conclusão?

- (1) Os detetives descobririam se o suspeito é o culpado se fizessem teste de DNA na vítima.
- (2) O suspeito é o culpado se os fios de cabelo na jaqueta forem dele.
- (3) O suspeito pode ser o culpado se todos os indícios estiverem ligados a ele.
- (4) Os detetives descobririam se o suspeito é o culpado se fizessem teste de DNA nele.

### Item 3

A água encontrada no subsolo é conhecida como água subterrânea. Existem menos bactérias e partículas de poluição na água subterrânea do que na água proveniente de fontes da superfície, tais como lagos e rios. É importante ter uma fonte de água potável de boa qualidade.

Avalie a qualidade da seguinte afirmação feita por um prefeito: “A água subterrânea que abastece nossa cidade precisa ser tratada.”

- (1) Péssima; (2) Ruim; (3) Boa; (4) Ótima;

### Item 4

O surgimento de novas startups está gerando muitas oportunidades na área da computação. Realmente, você realmente deveria aprender a programar em uma linguagem importante. Existem mais oportunidades de trabalho do que profissionais disponíveis e os salários são elevados. Claro, pode não ser boa ideia se você sofre com algoritmos.

Decida se a afirmação a seguir é um argumento, uma opinião ou um contra-argumento: “Existem mais oportunidades de trabalho do que profissionais disponíveis e os salários são elevados.”

- (1) Opinião; (2) Argumento; (3) Contra-argumento;

**Item 5**

Foi informado durante uma reunião de pais e mestres: “A diretora está bastante chateada, uma vez que o muro da escola teve que ser limpo e repintado pela quarta vez devido a atos de pichação. É importante que as pessoas encontrem formas de se expressar que não gerem custos adicionais para a sociedade. É realmente lamentável ver nossa arquitetura sendo prejudicada por pichações, e, além disso, o método utilizado pode ser prejudicial à camada de ozônio”.

Baseado nessa informação, qual seria sua resposta?

- (1) Os pichadores se importariam com o muro se estudassem na escola.
- (2) A quantidade de pichação diminuiria se existisse punição severa aos pichadores.
- (3) As pichações seriam aceitas pela sociedade se fossem feitas por artistas renomados.
- (4) A camada de ozônio não estaria em risco se os pichadores não usassem spray.

**Item 6**

Um grupo de sócios de um dos clubes da cidade está promovendo uma petição que pode alterar as regras do clube, de modo que qualquer criança ou adolescente que se envolver em comportamento ameaçador em suas instalações seja proibido de frequentá-lo.

Qual a maior limitação da proposta?

- (1) A regra não vai funcionar, pois o termo comportamento ameaçador é muito vago para ser usado de forma consistente.
- (2) A regra não vai funcionar, pois nem todo mundo se importa com o comportamento das crianças e dos adolescentes.
- (3) A regra não vai funcionar, pois alguns dos pais são tão problemáticos quanto os filhos.
- (4) A regra não vai funcionar, pois alguns pais acreditam que criança ou adolescente que apresentar comportamento ameaçador deve ter uma segunda chance.

**Item 7**

Uma revista anunciou que um cientista utilizou engenharia genética para modificar o DNA de um tipo de vírus de varíola que afeta apenas ratos. O vírus modificado é capaz de eliminar todos os ratos infectados. O cientista afirma que sua pesquisa sobre a modificação dos vírus é necessária para controlar a população de ratos que causam danos aos alimentos.

Decida se a afirmação a seguir é um argumento, uma opinião ou um contra-argumento: “Uma mutação no DNA do vírus da varíola dos ratos permitiria que o vírus contaminasse outros animais.”

- (1) Argumento; (2) Opinião; (3) Contra-argumento;

**Item 8**

De acordo com os cientistas, várias causas contribuem para o colapso das colônias de abelhas. Uma possível razão é o uso do inseticida Imidacloprida, que pode resultar na perda do senso de orientação das abelhas quando estão fora das colmeias.

Avalie a qualidade da seguinte afirmação feita por um criador de abelhas: “Se o uso do imidacloprida for proibido, o colapso das colônias será interrompido.”

- (1) Péssima; (2) Ruim; (3) Boa; (4) Ótima.

**Item 9**

Pedro leu um artigo que retrata o aumento da população mundial e o total da produção de alimentos. De acordo com o artigo, com a taxa atual de aumento da população, ficaremos sem alimento em aproximadamente 80 anos.

Decida qual das afirmações abaixo retrata uma falha na previsão mostrada no artigo:

- (1) As estimativas sobre a produção de alimentos são, provavelmente, muito baixas.
- (2) A predição assume que não haverá mudança na nossa capacidade de produzir alimento.
- (3) 80 anos é um tempo muito longo para se fazer qualquer tipo de previsão sobre o aumento da população mundial e falta de alimentos.
- (4) As estimativas sobre o aumento da população atual são, provavelmente, muito altas.

**Item 10**

Os adesivos de nicotina são utilizados por fumantes que desejam parar de fumar. Tais adesivos liberam nicotina no sangue quando entram em contato com a pele, gerando o mesmo efeito do cigarro. Um pesquisador definiu um grupo com 100 fumantes que querem parar de fumar, escolhidos ao acaso, para pesquisar a eficácia dos adesivos de nicotina.

Entre as estratégias de investigação abaixo, qual delas você considera a mais adequada para estudar a eficácia dos adesivos de nicotina?

- (1) Todos os participantes do grupo deverão usar os adesivos por seis meses.
- (2) Os homens, por serem mais difíceis de mudar de hábito, usarão os adesivos. As mulheres, por serem mais aderentes às mudanças, tentarão deixar de fumar sem os adesivos.
- (3) Durante 6 meses metade dos participantes do grupo, escolhidos ao acaso, usará os adesivos e a outra metade não usará.
- (4) Durante um mês os participantes que mais fumam usarão os adesivos e os participantes que menos fumam tentarão deixar de fumar sem os adesivos.

## APÊNDICE B – Itens do teste TAPC para aquisições de EEG

### Item 1

A água encontrada no subsolo é conhecida como água subterrânea. Existem menos bactérias e partículas de poluição na água subterrânea do que na água proveniente de fontes da superfície, tais como lagos e rios. É importante ter uma fonte de água potável de boa qualidade.

Avalie a qualidade da seguinte afirmação feita por um prefeito: “A água subterrânea que abastece nossa cidade precisa ser tratada.”

- (1) Péssima.
- (2) Ruim.
- (3) Boa.
- (4) Ótima.

### Item 2

Uma pesquisa recente revelou que adolescentes que dedicam muito tempo aos videogames tendem a obter notas mais baixas na escola. Quanto mais horas eles passam jogando, pior são suas notas. Um membro da sua família decidiu proibir seus dois filhos adolescentes de jogar videogames, acreditando que isso pode resultar em uma melhora nas notas escolares

Baseado nessas informações, qual seria o comentário que você faria a seu familiar?

- (1) As notas provavelmente melhorarão se os adolescentes forem proibidos de jogar videogame, visto que a pesquisa demonstrou que quanto mais horas eles passam jogando, piores são suas notas.
- (2) Não podemos ter certeza de que as notas melhorarão se eles forem proibidos de jogar, pois apenas sabemos o que acontece quando o hábito de jogar videogames aumenta. Não temos informações sobre o que ocorre quando o hábito de jogar diminui.
- (3) Provavelmente não haverá alteração nas notas escolares dos adolescentes se eles forem proibidos de jogar. Já se sabe que os pesquisadores tendem a ser tendenciosos contra o hábito de jogar videogames.
- (4) Não há como saber se as notas melhorarão se eles forem proibidos de jogar, porque apenas sabemos que o hábito de jogar videogames e as notas escolares estão relacionados. Não sabemos se jogar videogames causa a diminuição nas notas.

### Item 3

Se o CEO da startup estiver atuando corretamente, o número de empregados e outros indicadores financeiros refletirão um crescimento da empresa. O número de empregados e os investimentos na startup aumentaram em 4 meses do último semestre.

Com base nessas informações, qual é sua conclusão?

- (1) O CEO, no geral, deve estar fazendo um bom trabalho.
- (2) Não há como saber se o CEO está, ou não, trabalhando corretamente.
- (3) O CEO, no geral, deve estar fazendo um trabalho ruim.
- (4) O número de empregados não tem relação com outros indicadores da startup.

**Item 4**

A maioria dos veículos modernos vem equipada com um catalisador que torna os gases emitidos pelo escapamento menos prejudiciais às pessoas e ao meio ambiente. Cerca de 90% dos gases prejudiciais são convertidos em gases menos nocivos.

Decida se a afirmação a seguir é um argumento, uma opinião ou um contra-argumento: “A qualidade do ar parece ser suficientemente boa e não há necessidade de conversores catalíticos.”

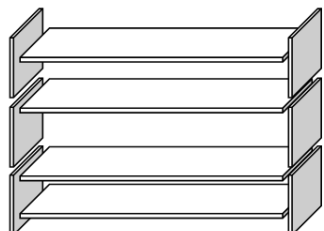
- (1) Contra-argumento.
- (2) Argumento.
- (3) Opinião.

**Item 5**

Foi divulgado um documentário sobre terremotos e a frequência com que eles ocorrem. A reportagem incluiu uma discussão sobre a previsibilidade dos mesmos. Um geólogo que participou do documentário declarou: “Nos próximos vinte anos, a probabilidade de que ocorra um terremoto na Polônia é de dois em três.”

O que quis dizer o geólogo?

- (1) Ele quis dizer que  $\frac{2}{3}$  é maior que  $\frac{1}{2}$ , a qual seria a probabilidade de ocorrer ao acaso. Portanto, podemos ter 100% de certeza de que haverá um terremoto na Polônia nos próximos 20 anos.
- (2) Ele quis dizer que  $\frac{2}{3} \times 20$  anos = 13,3 anos. Portanto, ocorrerá um terremoto na Polônia no período de 13 a 14 anos.
- (3) Ele quis dizer que a probabilidade de ocorrer um terremoto na Polônia nos próximos 20 anos é maior do que a probabilidade de não ocorrer um terremoto.
- (4) Ele quis dizer que não se pode afirmar nada em absoluto, porque é impossível prever quando ocorrerá um terremoto.

**APÊNDICE C – Itens PISA de aplicação geral (N = 192)****Item 1**

Para construir uma estante completa, um marceneiro precisa do seguinte material: 4 pranchas grandes de madeira, 6 pranchas pequenas de madeira, 12 braçadeiras pequenas, 2 braçadeiras grandes e 14 parafusos.

O marceneiro possui em estoque 26 pranchas grandes de madeiras, 33 pranchas pequenas de madeira, 200 braçadeiras pequenas, 20 braçadeiras grandes e 510 parafusos.

Quantas estantes completas o marceneiro poderá fazer?

**Item 2**

Mei-Ling, de Singapura, estava se preparando para uma viagem de 3 meses à África do Sul como aluna de intercâmbio. Ela precisava trocar alguns dólares de Singapura (SGD) por rands sul-africanos (ZAR). Mei-Ling descobriu que a taxa de câmbio entre o dólar de Singapura e o rand sul-africano era de 1 SGD = 4,2 ZAR. Ela trocou 3.000 dólares de Singapura por rands sul-africanos a essa taxa de câmbio.

Quantos rands sul-africanos Mei-Ling recebeu?

**Item 3**

Na escola de Marli, o professor de ciências aplica provas que valem 100 pontos. Marli obteve uma média de 60 pontos nas primeiras quatro provas de ciências. Na quinta prova, ela conseguiu 80 pontos. Qual é a média de Marli em ciências após as cinco provas?

**Item 4**

Em uma pizzaria, você pode pedir uma pizza básica com duas coberturas: queijo e tomate. Você pode igualmente compor sua própria pizza com as seguintes coberturas extras: azeitonas, presunto, cogumelos e salame. Rose quer pedir uma pizza com duas coberturas extras diferentes.

A partir de quantas combinações diferentes Rose pode escolher?

**Item 5**

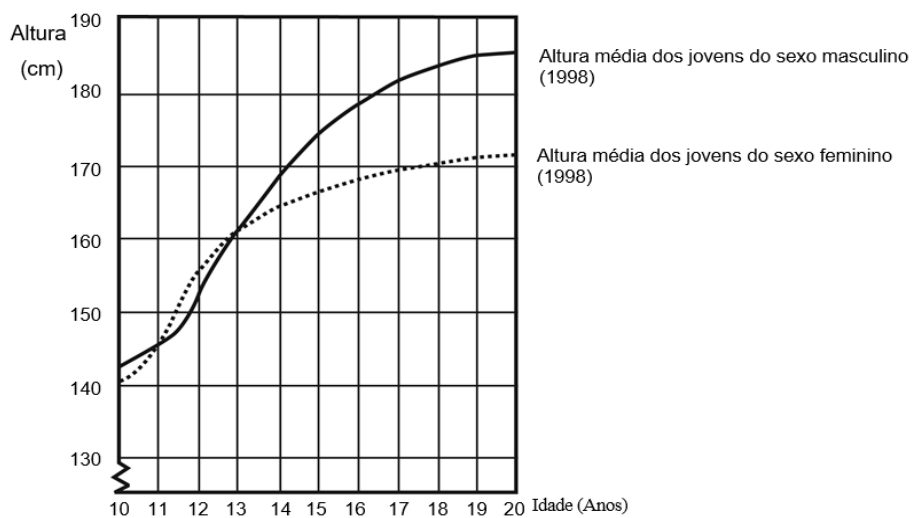
A estação espacial Mir permaneceu em órbita por 15 anos e deu cerca de 86.500 vezes em torno da Terra durante o tempo em que esteve no espaço. A permanência mais longa de um astronauta na Mir foi de aproximadamente 680 dias. O peso total da Mir era 143.000 kg. Quando a Mir retornou à Terra, cerca de 80% da estação queimou-se na atmosfera. O restante quebrou-se em aproximadamente 1.500 pedaços e caiu no Oceano Pacífico.

Qual é o peso médio dos pedaços que caíram no Oceano Pacífico?



**Item 6**

A altura média dos jovens dos sexos masculino e feminino na Holanda, em 1998, encontra-se representada no gráfico abaixo:



Desde 1980, a altura média das mulheres de 20 anos aumentou em 2,3 cm, chegando a aproximadamente 170,6 cm.

Qual era a altura média das mulheres de 20 anos de idade em 1980?

## APÊNDICE D – Telas da plataforma Testable

Tela inicial:

### Informação do Participante

Nome Completo

**SEGUINTE**

Instruções ao participante:

### INSTRUÇÕES

O teste é composto por 5 itens pontuados precedidos por 2 item de amostragem. Cada item apresenta um cenário diferente e suas possibilidades de resposta. você deve marcar a resposta que considerar correta ou mais adequada ao cenário.

**SEGUINTE**

Item demonstração:

ITEM DEMONSTRAÇÃO 1: 5 pessoas aguardam por uma consulta em uma clínica de um especialista em úlceras. Das 5 pessoas no local, 4 são mulheres. O único homem presente na sala concluiu que as mulheres procuram o tratamento contra úlceras mais do que os homens procuram. A conclusão do homem é razoável?

Sim. 75% é significativamente maior do que 50%, que seria o esperado ao acaso.

Sim. As pessoas esperando pela consulta podem representar a população das pessoas que procuram tratamento para úlceras.

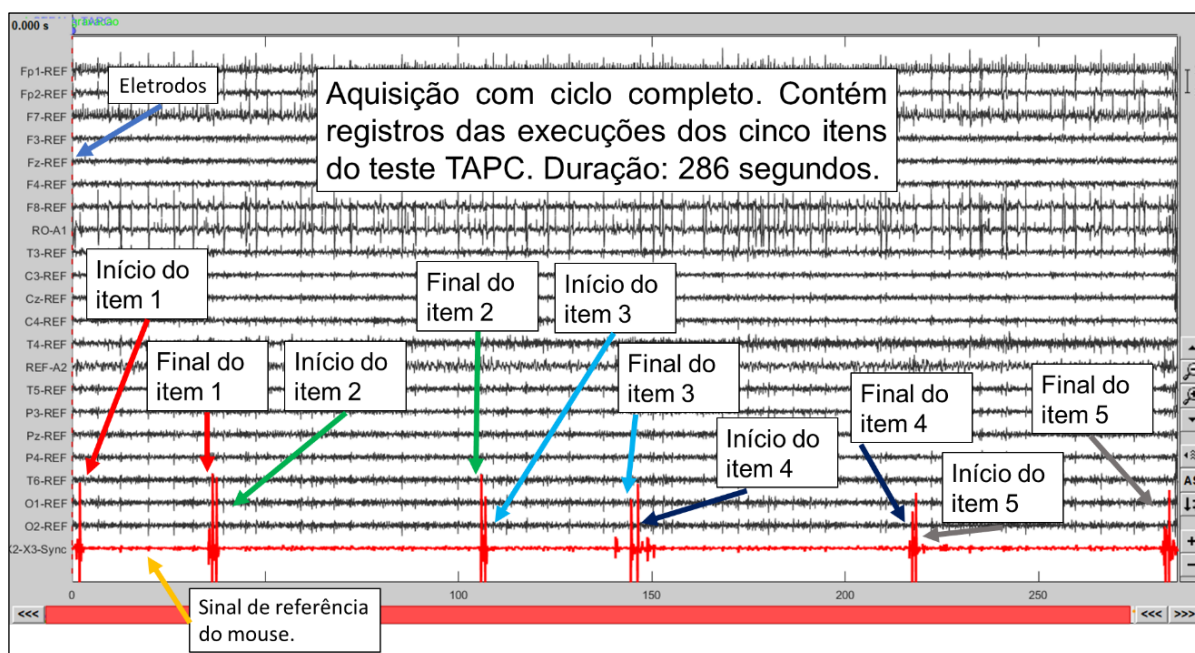
Não. Cinco pessoas representam uma amostra muito pequena para se fazer inferências sobre a população.

Não. Mulheres e homens tem a mesma possibilidade de ter qualquer doença.

**SEGUINTE**

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## APÊNDICE E – Aquisição de EEG com ciclo completo



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Na figura, é possível observar o sinal de referência do mouse utilizado durante a atividade. Por meio desse sinal torna-se possível identificar o início e o término de cada um dos cinco itens do teste. O que permitiu a identificação e o recorte dos registros do item 2, que foram utilizados para as comparações entre grupos. Além disso, também é possível identificar o sinal de cada um dos 19 eletrodos, bem como os eletrodos de referência e de EOG.

A imagem apresenta o registro em sua totalidade (286 segundos) sem qualquer processamento para a eliminação de ruídos. Para isso, foram utilizadas janelas sucessivas de 10 segundos, nas quais é possível visualizar adequadamente os sinais de todos os canais.

## APÊNDICE F – Parâmetros setup dos softwares BWII EEG e Brainstorm

### - Parâmetros BWII EEG (aquisição de EEG):

Sensibilidade: 7 $\mu$ V/mm;

Filtro passa alta: 0.53 Hz;

Filtro passa baixa: 35 Hz;

Filtro Notch: 60 Hz;

Filtro digital: automático para passa alta e passa baixa.

### - Parâmetros Brainstorm (tratamento dos dados):

- PSD Welch: janela de tempo: todo o arquivo, comprimento da janela: 1 segundo, sobreposição: 50%, unidades: física: U<sup>2</sup>/Hz, definição de frequência: padrão FFT do Matlab (0 Hz-100 Hz);

- Algoritmo ICA: Picard (Ablin, Cardoso, & Gramfort (IEE TSP 2018));

- Filtro Notch (60Hz): filtro Notch IIR de segunda ordem, valor absoluto do maior polo: 0.98441, ordem do filtro (# de polos): 2, transiente (total): 3,150 segundos, transiente (99% de energia): 0,075 segundos, frequência de amostragem: 200 Hz;

- Filtro passa-faixa Theta: filtro FIR de fase linear; faixa de passagem: 4-7,5 Hz; transição baixa: 3,5-4 Hz; transição alta: 7,5-8 Hz; atenuação na banda de rejeição: 60 dB; ondulação na banda de passagem: 0,1%; tipo de filtro: Kayser; ordem do filtro: 1452; transiente (total): 3,630 segundos; transiente (99% da energia): 0,505 segundos; frequência de amostragem: 200 Hz; resolução de frequência: 0,006 Hz;

- Filtro passa-faixa Alpha: filtro FIR de fase linear; faixa de passagem: 8-12 Hz; transição baixa: 7-8 Hz; transição alta: 12-13 Hz; atenuação na banda de rejeição: 60 dB; ondulação na banda de passagem: 0,1%; tipo de filtro: Kayser; ordem do filtro: 726; transiente (total): 1,815 segundos; transiente (99% da energia): 0,505 segundos; frequência de amostragem: 200 Hz; resolução de frequência: 0,006 Hz;

- Filtro passa-faixa Beta1: filtro FIR de fase linear; faixa de passagem: 12,5-21 Hz; transição baixa: 11,5-12,5 Hz; transição alta: 21-22 Hz; atenuação na banda de rejeição: 60 dB; ondulação na banda de passagem: 0.1%; tipo de filtro: Kayser; ordem do filtro: 726; transiente (total): 1,815 segundos; transiente (99% da energia): 0.370 segundos; frequência de amostragem: 200 Hz; resolução de frequência: 0,006 Hz;

- Filtro passa-faixa Beta2: filtro FIR de fase linear; faixa de passagem: 21-30 Hz; transição baixa: 20-21 Hz; transição alta: 30-31 Hz; atenuação na banda de rejeição: 60 dB; ondulação na banda de passagem: 0,1%; tipo de filtro: Kayser; ordem do filtro:

726; transiente (total): 1,815 segundos; transiente (99% da energia): 0,360 segundos; frequência de amostragem: 200 Hz; resolução de frequência: 0,006 Hz;

- Coerência: análise auto espectral e cruzada da FFT foi realizada em janelas de 2 segundos, resultando em uma resolução de frequência de 0,5 Hz na faixa de frequência de 0 a 30 Hz para cada janela. O método da janela deslizante de 75% (Kaiser, & Stermann, 2001) foi utilizado para calcular a FFT, em que janelas sucessivas de dois segundos foram sobrepostas em incrementos de 500 milissegundos para minimizar os efeitos do procedimento de “janelamento” da FFT.

## APÊNDICE G – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 1 – TCLE 1

### 1- Apresentação da pesquisa

Prezado, você está convidado a participar da pesquisa “Pensamento Crítico e Padrões de Ativação Cerebral em Estudantes Universitários”, desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Neurociências da UFMG.

### 2- Objetivo da pesquisa

O objetivo principal deste estudo é entender/aprender sobre as correlações entre o Pensamento Crítico e a Inteligência geral.

### 3- Participação na pesquisa

Você receberá aplicações de 3 testes capazes de avaliar habilidades de pensamento crítico inteligência geral. As aplicações serão realizadas em um único dia, com duração total de aproximadamente 45 minutos. O primeiro teste será o PISA, capaz de avaliar raciocínio matemático. Possui 6 itens e duração de 15 minutos. O segundo teste será o TAPC, capaz de avaliar o pensamento crítico. Possui 10 itens e duração de 15 minutos. O terceiro teste é o B1, capaz de avaliar raciocínio abstrato. Possui 15 itens e duração de 15 minutos. As aplicações ocorrerão sob a orientação de um(a) Psicólogo(a) vinculado(a) ao programa.

### 4- Riscos e benefícios

#### a) Riscos

Caso você passe por algum constrangimento durante as aplicações dos testes comunique imediatamente ao pesquisador. Caso você sinta qualquer incômodo durante a atividade, fome, sede, vontade de ir ao banheiro, é seu direito se recusar a dar continuidade à mesma.

#### 5- Confidencialidade

Sua identidade, informações fornecidas e dados coletados serão tratados conforme exigido pelo CEP (Comitê de Ética em Pesquisa UFMG), isto é, não ocorrerá qualquer divulgação pública dos seus resultados individuais. O CEP UFMG poderá ser contatado em caso de dúvidas éticas da pesquisa a qualquer momento.

#### 6- Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo

Você terá o direito de deixar o estudo a qualquer momento, receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa e retirar seu consentimento a qualquer momento, sem qualquer penalização.

#### 7- Ressarcimento e/ou indenização

Você não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa e não receberá qualquer remuneração por sua participação. Poderá pleitear indenização para o caso de algum dano relacionado à pesquisa.

#### 8- Dados coletados

Os dados coletados a partir dos dois testes serão armazenados em local apropriado no laboratório LADI UFMG e serão destruídos após 5 anos do término da pesquisa.

### A) Consentimento do participante da pesquisa

Declaro ter conhecimento das informações contidas nesse documento e ter recebido respostas claras às questões colocadas e quanto a minha participação direta na pesquisa. E declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos, ressarcimento relacionados a este estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo. Após reflexão em tempo razoável, decidi livre e voluntariamente participar deste estudo.

Nome completo do participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

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

---

Profa. Dra. Carmen Flores-Mendoza

Tel: 3409-4937

Fonte: Elaborado pelo autor.

## APÊNDICE H – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 2 – TCLE 2

### A) Informações ao participante

#### 1- Participação no teste TAPC com monitoramento de Eletroencefalograma

Será aplicado o TAPC (capaz de avaliar habilidade de pensamento crítico). A aplicação deste teste se dará por meio de um notebook e deverá ser monitorada por meio de eletroencefalograma (EEG), o que nos permitirá entender melhor os processos cerebrais envolvidos em tal habilidade. Durante esta aplicação deve-se usar uma touca de EEG. Trata-se de um instrumento não invasivo e que não apresenta qualquer tipo de risco à saúde. É um acessório rotineiramente utilizado em pesquisas semelhantes, por pesquisadores do mundo inteiro há décadas. A atividade (aplicação do teste e coleta de EEG) será realizada em sala apropriada do Laboratório CEFALA (Escola de Engenharia UFMG).

#### 2- Confidencialidade

Sua identidade, informações fornecidas e dados coletados serão tratados conforme exigido pelo CEP (Comitê de Ética em Pesquisa UFMG), isto é, não ocorrerá qualquer divulgação pública dos seus resultados individuais. O CEP UFMG poderá ser contatado em caso de dúvidas éticas da pesquisa a qualquer momento.

#### 3- Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo

Você terá o direito de deixar o estudo a qualquer momento, receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa e retirar seu consentimento a qualquer momento, sem qualquer penalização.

#### 4- Dados coletados

Os dados coletados a partir dos dois testes e do EEG serão armazenados no laboratório LADI UFMG em pen drive com senha de proteção e serão destruídos após 5 anos do término da pesquisa.

#### 5- Resultados da pesquisa

Os resultados e dados obtidos poderão ser divulgados em publicações e congressos científicos, com a preservação do anonimato de todos os participantes.

### B) Consentimento do participante da pesquisa

Declaro ter conhecimento das informações contidas nesse documento e ter recebido respostas claras às questões colocadas e quanto a minha participação direta na pesquisa. E declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos, ressarcimento relacionados a este estudo. Estou consciente que posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo. Após reflexão em tempo razoável, decidi livre e voluntariamente participar deste estudo.

Nome completo do participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

email do participante: \_\_\_\_\_

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

---

Prof. Hani Camille Yehia

Departamento de Engenharia Eletrônica e programa de Pós-graduação em Neurociências da UFMG  
Escola de Engenharia, Sala 2505, Campus UFMG – Tel.: 3409-4937

Fonte: Elaborado pelo autor.

## APÊNDICE I – Folha de respostas PISA, TAPC e B1

Nome completo: \_\_\_\_\_; Data de Nasc.: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_;

Seu e-mail: \_\_\_\_\_; RG: \_\_\_\_\_;

Você cursa sua 2° graduação: ( ) Sim; ( ) Não;

Se respondeu “Sim”, em que foi sua 1° graduação?: \_\_\_\_\_;

**Confirme o teste que está fazendo e marque sua resposta na coluna ao lado de cada item**

<b>PISA</b>	
ITEM	RESPOSTA
ITEM 1	
ITEM 2	
ITEM 3	
ITEM 4	
ITEM 5	
ITEM 6	

<b>TAPC</b>	
ITEM	RESPOSTA
ITEM 1	
ITEM 2	
ITEM 3	
ITEM 4	
ITEM 5	
ITEM 6	
ITEM 7	
ITEM 8	
ITEM 9	
ITEM 10	

<b>B1</b>	
ITEM	RESPOSTA
ITEM 1	
ITEM 2	
ITEM 3	
ITEM 4	
ITEM 5	
ITEM 6	
ITEM 7	
ITEM 8	
ITEM 9	
ITEM 10	
ITEM 11	
ITEM 12	
ITEM 13	
ITEM 14	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



## APÊNDICE J – Perfil dos grupos das aquisições de EEG

<b>Grupos de Alto e de Baixo desempenho no TAPC</b>						
Alto Desempenho				Baixo Desempenho		
	Área			Área		
	C.B.	C.E.	C.H.	C.B.	C.E.	C.H.
N	2	7	3	6	1	2
Sexo						
	Feminino		Masculino	Feminino		Masculino
N	4		8	8		1
N total	12			9		

<b>Grupos Feminino e Masculino de Alto desempenho no TAPC</b>						
Feminino				Masculino		
	Área			Área		
	C.B.	C.E.	C.H.	C.B.	C.E.	C.H.
N	1	0	2	0	3	0
N total	3			3		

<b>Grupos Femininos de Alto e de Baixo desempenho no TAPC</b>						
Feminino				Masculino		
	Área			Área		
	C.B.	C.E.	C.H.	C.B.	C.E.	C.H.
N	1	0	2	1	0	2
N total	3			3		

<b>Grupos Feminino e Masculino</b>						
Feminino				Masculino		
	Área			Área		
	C.B.	C.E.	C.H.	C.B.	C.E.	C.H.
N	8	0	5	4	18	1
N total	13			23		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: C.B. = Ciências Biológicas; C.E. = Ciências Exatas; C.H. = Ciências Humanas.

**APÊNDICE K – Valores de Coerência EEG para grupos de Alto e Baixo desempenho no TAPC. Aquisição: em repouso.**

<b>Coerência EEG - Grupos Alto e Baixo desempenho - REPOUSO</b>							
<b>Theta A.D.</b>		<b>Theta B.D.</b>		<b>Beta 1 A.D.</b>		<b>Beta 1 B.D.</b>	
F4-FZ	0,620	FZ-F3	0,621	F4-FZ	0,622	FZ-F3	0,622
O1-T5	0,591	O1-T5	0,562	FZ-F3	0,616	O2-T6	0,591
FZ-F3	0,576	F4-FZ	0,556	O1-T5	0,606	F8-FP2	0,553
O1-P3	0,519	O2-O1	0,549	P3-T5	0,537	F7-FP1	0,536
PZ-P3	0,511	O2-T6	0,535	F8-FP2	0,505	F4-FZ	0,531
O2-O1	0,506	PZ-P3	0,534	O2-T6	0,501	O1-T5	0,516
P3-T5	0,483	F7-FP1	0,523	O1-P3	0,501	O2-P4	0,512
P4-PZ	0,468	FP2-FP1	0,520	CZ-FZ	0,460	FP2-FP1	0,491
O2-T6	0,466	P4-PZ	0,511			F3-FP1	0,472
CZ-FZ	0,456	F8-FP2	0,503			F4-FP2	0,466
C4-CZ	0,454	F3-FP1	0,468			O1-P3	0,464
		CZ-C3	0,455			F3-F7	0,462
		C4-CZ	0,445			P3-T5	0,445
<b>Alpha A.D.</b>		<b>Alpha B.D.</b>		<b>Beta 2 A.D.</b>		<b>Beta 2 B.D.</b>	
F4-FZ	0,873	FZ-F3	0,804	O1-T5	0,526	O2-T6	0,488
FZ-F3	0,845	FP2-FP1	0,784	P3-T5	0,520	FZ-F3	0,479
F8-FP2	0,778	F4-FZ	0,777	F4-FZ	0,489	F7-FP1	0,465
FP2-FP1	0,769	F7-FP1	0,764	PZ-P3	0,488	O1-T5	0,434
F4-FP2	0,769	F3-FP1	0,720	FZ-F3	0,477	F8-FP2	0,431
O1-T5	0,747	F8-FP2	0,716	O1-P3	0,456	O2-P4	0,410
F7-FP1	0,737	O2-T6	0,716	O2-T6	0,448	O1-P3	0,407
F3-FP1	0,736	FZ-FP2	0,689	F8-FP2	0,409	F3-FP1	0,387
FZ-FP2	0,731	F4-FP2	0,669	P4-PZ	0,394		
F8-F4	0,703	O2-F3	0,663				
O2-T6	0,682	F3-F7	0,655				
F3-F7	0,681	FZ-FP1	0,651				
FZ-FP1	0,674	O1-FZ	0,644				
F4-F3	0,663	O2-P4	0,639				
O2-F3	0,650	O1-FP2	0,632				
		O1-T5	0,619				
		O1-P3	0,617				
		O2-FP1	0,613				
		O1-F4	0,607				
		P4-F7	0,606				
		O2-FZ	0,605				
		F3-FP2	0,601				
		O2-FP2	0,582				
		P3-F8	0,580				

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: A.D. = alto desempenho; B.D. = baixo desempenho.

Para estas aquisições, o teste *t* de Student indicou diferença significativa de médias, nos valores de Coerência EEG, apenas para os registros relativos às ondas Theta ( $t(36) = 2.566$  ;  $p < 0.05$ ). Para as demais faixas de frequências observadas, as diferenças não foram significativas ( $p > 0.05$ ), considerando a população testada. Para

o teste foram utilizados os 171 valores de Coerência EEG gerados para cada participante dos dois grupos.

**APÊNDICE L – Valores de Coerência EEG para grupos de Alto e Baixo desempenho no TAPC. Aquisição: aplicação do item 2 TAPC**

<b>Coerência EEG - Grupos Alto e Baixo desempenho - TAPC</b>							
<b>Theta A.D.</b>		<b>Theta B.D.</b>		<b>Beta 1 A.D.</b>		<b>Beta 1 B.D.</b>	
F4-FZ	0,610	O2-O1	0,593	F4-FZ	0,525	FZ-F3	0,490
O2-O1	0,609	F4-FZ	0,579	FZ-F3	0,505	F8-FP2	0,479
PZ-P3	0,567	FZ-F3	0,552	F8-FP2	0,446	O1-T5	0,462
F8-FP2	0,556	F8-FP2	0,536	P3-T5	0,442	O2-P4	0,448
FZ-F3	0,552	P4-PZ	0,535	PZ-P3	0,419	F4-FZ	0,444
P4-PZ	0,550	O2-P4	0,531	CZ-FZ	0,410	O1-P3	0,414
F7-FP1	0,536	O1-T5	0,512	O1-T5	0,392	P3-T5	0,385
O1-P3	0,517	PZ-P3	0,479	O2-O1	0,387	P3-F8	0,358
O1-P3	0,502	CZ-FZ	0,472	F7-FP1	0,387		
C4-CZ	0,494	FZ-FP1	0,457	P4-PZ	0,385		
F8-F7	0,492	CZ-C3	0,441	O1-P3	0,383		
P3-T5	0,486	F3-FP1	0,426				
F4-FP2	0,476	F7-FP1	0,426				
FP2-FP1	0,473	C4-CZ	0,417				
O2-T6	0,464						
CZ-FZ	0,463						
<b>Alpha A.D.</b>		<b>Alpha B.D.</b>		<b>Beta 2 A.D.</b>		<b>Beta 2 B.D.</b>	
F4-FZ	0,613	FZ-F3	0,580	PZ-P3	0,469	P4-PZ	0,425
FZ-F3	0,594	F4-FZ	0,511	P4-PZ	0,442	O1-T5	0,425
F8-FP2	0,555	F7-FP1	0,468	P3-T5	0,425	O2-P4	0,410
F7-FP1	0,507	O1-T5	0,457	FZ-F3	0,403	FZ-F3	0,405
FP1-FP2	0,495	F3-FP1	0,414	F4-FZ	0,402	F8-FP2	0,390
P4-PZ	0,487			O1-P3	0,363	O1-P3	0,389
PZ-P3	0,484			O1-T5	0,352	P3-T5	0,384
P3-T5	0,455			CZ-FZ	0,351	O2-T6	0,383
				O2-O1	0,346		

Fonte: Elaborada pelo autor (2023). Nota. A.D. = Alto Desempenho; B.D. = Baixo Desempenho.

Para estas aquisições, o teste *t de Student* indicou diferença significativa de médias, nos valores de Coerência EEG, Apenas para os registros relativos às ondas Theta ( $t(36) = 2.566$  ;  $p < 0.05$ ). Para as demais faixas de frequências observadas, as diferenças não foram significativas ( $p > 0.05$ ), considerando a população testada. Para o teste foram utilizados os 171 valores de Coerência EEG gerados para cada participante dos dois grupos.

**APÊNDICE M – Valores de Coerência EEG para grupos Feminino e Masculino de alto desempenho. Aquisição: em Repouso**

<b>Coerência EEG - Grupos Fem. e Masc. Alto desempenho - REPOUSO</b>							
<b>Theta Fem.</b>		<b>Theta Masc.</b>		<b>Beta 1 Fem.</b>		<b>Beta 1 Masc.</b>	
O1-T5	0,664	O1-T5	0,663	F4-FZ	0,653	O1-T5	0,651
F4-FZ	0,594	PZ-P3	0,620	FZ-F3	0,652	FZ-F3	0,632
O1-P3	0,581	F4-FZ	0,585	O1-FZ	0,581	F4-FZ	0,606
T3-F7	0,547	P3-T5	0,559	O1-T5	0,572	P3-T5	0,575
CZ-FZ	0,535	FZ-F3	0,559	O1-P3	0,539	PZ-P3	0,528
74-F8	0,508	O2-O1	0,558	P3-T5	0,536	CZ-FZ	0,497
FZ-F3	0,500	P4-PZ	0,534	CZ-FZ	0,528	O1-P3	0,495
P3-T5	0,493	C4-CZ	0,529	F8-FP2	0,520	CZ-C3	0,478
		CZ-C3	0,517	O1-F3	0,498	F8-FP2	0,448
		O1-P3	0,496				
		CZ-FZ	0,485				
				<b>Beta 2 Fem.</b>		<b>Beta 2 Masc.</b>	
<b>Alpha Fem.</b>		<b>Alpha Masc.</b>		F4-FZ	0,514	O1-T5	0,595
F4-FZ	0,896	F4-FZ	0,835	FZ-F3	0,511	PZ-P3	0,567
FZ-F3	0,850	FZ-F3	0,812	C3-F3	0,497	FZ-F3	0,526
F8-FP2	0,834	O1-T5	0,774	O1-T5	0,471	P3-T5	0,526
F4-FP2	0,796	F7-FP1	0,706	CZ-FZ	0,460	F4-FZ	0,508
FZ-FP2	0,761	F8-FP2	0,694	P4-PZ	0,455	O1-P3	0,488
O1-P3	0,761	F4-FP2	0,673	PZ-P3	0,448	P4-PZ	0,440
O1-FZ	0,760	F3-F7	0,656	P3-T5	0,436		
O1-T5	0,743	FP2-FP1	0,653	O1-FZ	0,426		
O1-F3	0,736	F3-FP1	0,647	T4-F8	0,408		
F8-F4	0,723	F8-F4	0,634	O1-P3	0,396		
FP2-FP1	0,719	FZ-FP2	0,634				
O1-F4	0,717	CZ-FZ	0,634				
P3-FP2	0,717	CZ-C3	0,613				
F4-F3	0,697						
O2-F3	0,690						
F3-FP1	0,689						
P3-F8	0,685						
O1-FP2	0,684						
F3-FP2	0,668						
F7-FP1	0,665						

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: Fem. = Feminino; Masc. = Masculino.

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t de Student* não revelou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois grupos ( $p > 0,05$ ). Para o teste foram utilizados os 171 valores de Coerência EEG gerados para cada participante dos dois grupos.

**APÊNDICE N – Valores de Coerência EEG para grupos Feminino e Masculino de Alto desempenho. Aquisição: aplicação do item 2 TAPC.**

<b>Coerência EEG - Grupos Fem. e Masc. Alto desempenho - TAPC</b>							
<b>Theta Fem.</b>		<b>Theta Masc.</b>		<b>Beta 1 Fem.</b>		<b>Beta 1 Masc.</b>	
F8-FP2	0,593	FZ-F3	0,756	F4-FZ	0,491	FZ-F3	0,641
F8-F7	0,585	O2-O1	0,751	F8-FP2	0,466	F4-FZ	0,600
F4-FZ	0,540	PZ-P3	0,749	FZ-F3	0,465	PZ-P3	0,518
O1-P3	0,470	F4-FZ	0,713	O1-F8	0,426	FZ-FP1	0,498
F7-FP1	0,439	P4-PZ	0,712	O1-P3	0,416		
O2-O1	0,437	C4-CZ	0,693	F8-F7	0,396		
PZ-P3	0,437	F7-FP1	0,690	P3-T5	0,372		
FP2-FP1	0,434	O1-T5	0,650				
		P3-T5	0,647	<b>Beta 2 Fem.</b>		<b>Beta 2 Masc.</b>	
		O1-P3	0,614	O1-P3	0,420	PZ-P3	0,549
		O2-T6	0,611	O2-F8	0,389	F4-FZ	0,532
		CZ-FZ	0,596	P3-T5	0,365	F3-FP1	0,522
		C4-F4	0,586	F4-FZ	0,355	FZ-F3	0,520
		F8-F7	0,578	P4-PZ	0,353	P4-PZ	0,481
		P4-C4	0,575	PZ-P3	0,353	F7-FP1	0,435
		FP2-FP1	0,572	O1-T5	0,350	CZ-C3	0,428
		F7-FP2	0,567	F8-FP2	0,340	CZ-FZ	0,416
		F4-F3	0,563	FZ-F3	0,335		
		FZ-FP1	0,558				
		CZ-F3	0,556				
		F3-FP1	0,555				
		T6-P4	0,552				
		P4-P3	0,542				
		F8-FP2	0,537				
<b>Alpha Fem.</b>		<b>Alpha Masc.</b>					
F4-FZ	0,612	FZ-F3	0,746				
F8-FP2	0,573	F4-FZ	0,696				
FZ-F3	0,525	F7-FP1	0,656				
FP2-FP1	0,473	O2-O1	0,591				
O2-F8	0,448	P4-PZ	0,586				
		PZ-P3	0,572				

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: Fem. = feminino; Masc. = masculino.

Para as faixas de frequência estudadas, o teste *t de Student* indicou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois grupos em todas as faixas: Theta ( $t(36) = -13,242$ ;  $p < 0,05$ ), Alpha ( $t(36) = -4,004$ ;  $p < 0,05$ ), Beta 1 ( $t(36) = -2,141$ ;  $p < 0,05$ ) e Beta 2 ( $t(36) = -3,177$ ;  $p < 0,05$ ). Para o teste foram utilizados os 171 valores de Coerência EEG gerados para cada participante dos dois grupos.

**APÊNDICE O – Valores de Coerência EEG para grupos Femininos de Alto e de Baixo desempenho. Aquisição: em repouso.**

<b>Coerência EEG - Grupos Femininos Alto e Baixo desempenho - REPOUSO</b>							
<b>Theta A.D.</b>		<b>Theta B.D.</b>		<b>Beta 1 A.D.</b>		<b>Beta 1 B.D.</b>	
O1-T5	0,664	FZ-F3	0,695	F4-FZ	0,653	FZ-F3	0,706
F4-FZ	0,594	F8-FP2	0,674	FZ-F3	0,652	F8-FP2	0,649
O1-P3	0,581	O1-T5	0,672	O1-FZ	0,581	O1-T5	0,645
T3-F7	0,547	F4-FZ	0,648	O1-T5	0,572	F4-FZ	0,573
CZ-FZ	0,535	PZ-P3	0,621	O1-P3	0,539	O2-T6	0,572
74-F8	0,508	F7-FP1	0,559	P3-T5	0,536	F7-FP1	0,562
FZ-F3	0,500	O1-P3	0,557	CZ-FZ	0,528	F4-FP2	0,526
P3-T5	0,493	F4-FP2	0,524	F8-FP2	0,52		
		O2-O1	0,519	O1-F3	0,498		
		CZ-FZ	0,513				
<b>Alpha A.D.</b>		<b>Alpha B.D.</b>		<b>Beta 2 A.D.</b>		<b>Beta 2 B.D.</b>	
F4-FZ	0,896	FZ-F3	0,879	F4-FZ	0,514	O1-T5	0,613
FZ-F3	0,850	O1-T5	0,773	FZ-F3	0,511	FZ-F3	0,537
F8-FP2	0,834	O2-T6	0,772	C3-F3	0,497	F8-FP2	0,513
F4-FP2	0,796	F3-FP1	0,763	O1-T5	0,471	F7-FP1	0,501
FZ-FP2	0,761	F4-FP2	0,738	CZ-FZ	0,46	P3-T5	0,481
O1-P3	0,761	O1-F4	0,724	P4-PZ	0,455	PZ-P3	0,472
O1-FZ	0,760	O2-F3	0,707	PZ-P3	0,448		
O1-T5	0,743	FZ-FP2	0,700	P3-T5	0,436		
O1-F3	0,736	O1-FP2	0,687	O1-FZ	0,426		
F8-F4	0,723	O2-FZ	0,679	T4-F8	0,408		
FP2-FP1	0,719	FZ-FP1	0,674	O1-P3	0,396		
O1-F4	0,717	O1-FZ	0,671				
P3-FP2	0,717	O2-FP1	0,652				
F4-F3	0,697	O2-P4	0,645				
O2-F3	0,690	F4-F3	0,643				
F3-FP1	0,689						
P3-F8	0,685						
O1-FP2	0,684						
F3-FP2	0,668						
F7-FP1	0,665						

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: A.D. = Alto desempenho; B.D. = Baixo desempenho.

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t* de *Student* indicou uma diferença significativa nas médias de Coerência EEG entre os dois grupos apenas nos

registros relativos às ondas Theta ( $t(36) = -3,626$  ;  $p < 0,05$ ), com o grupo de alto desempenho apresentando menor valor médio. Não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) nas demais faixas de frequência. Para o teste foram utilizados os 171 valores de Coerência EEG gerados para cada participante dos dois grupos.



**APÊNDICE P – Valores de Coerência EEG para grupos Femininos de Alto e de Baixo desempenho. Aquisição: aplicação do item 2 TAPC.**

<b>Coerência EEG - Grupos Femininos Alto e Baixo desempenho - TAPC</b>							
<b>Theta A.D.</b>		<b>Theta B.D.</b>		<b>Beta 1 A.D.</b>		<b>Beta 1 B.D.</b>	
F8-FP2	0,593	FZ-FP1	0,543	F4-FZ	0,491	O2-O1	0,440
F8-F7	0,585	CZ-FZ	0,495	F8-FP2	0,466	FZ-FP1	0,430
F4-FZ	0,540	F7-FP2	0,490	FZ-F3	0,465	CZ-F3	0,420
O1-P3	0,470	O2-O1	0,487	O1-F8	0,426	F7-FP2	0,400
F7-FP1	0,439	P4-PZ	0,465	O1-P3	0,416	O1-T5	0,390
O2-O1	0,437	FZ-FP2	0,453	F8-F7	0,396	P4-PZ	0,380
PZ-P3	0,437	O1-T5	0,451	P3-T5	0,372	FZ-FP2	0,360
FP2-FP1	0,434	F4-FZ	0,418			FZ-F3	0,330
		FZ-F3	0,418			CZ-FP1	0,330
		FP2-FP1	0,406			F8-FP2	0,330
						P3-T5	0,320
<b>Alpha A.D.</b>		<b>Alpha B.D.</b>		<b>Beta 2 A.D.</b>		<b>Beta 2 B.D.</b>	
F4-FZ	0,612	FZ-FP1	0,580	O1-P3	0,420	P4-PZ	0,420
F8-FP2	0,573	FZ-FP2	0,490	O2-F8	0,389	F7-FP2	0,370
FZ-F3	0,525	O2-O1	0,460	P3-T5	0,365	FZ-FP1	0,370
FP2-FP1	0,473	CZ-FZ	0,450	F4-FZ	0,355	O1-T5	0,360
O2-F8	0,448	FZ-F3	0,440	P4-PZ	0,353	CZ-FZ	0,310
		O1-T5	0,430	PZ-P3	0,353		
				O1-T5	0,350		
				F8-FP2	0,340		
				FZ-F3	0,335		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023). Nota: A.D. = Alto desempenho; B.D. = Baixo desempenho.

Para as faixas de frequências estudadas, o teste *t* de *Student* não revelou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois grupos ( $p > 0,05$ ).

**APÊNDICE Q – Valores Coerência EEG para grupos Feminino e Masculino.  
Aquisição: em repouso.**

<b>Coerência EEG - Grupos Feminino e Masculino - REPOUSO</b>							
<b>Theta Fem..</b>		<b>Theta Masc.</b>		<b>Beta 1 Fem.</b>		<b>Beta 1 Masc.</b>	
O1-T5	0,625	F4-FZ	0,616	FZ-F3	0,649	F4-FZ	0,626
FZ-F3	0,610	FZ-F3	0,571	F4-FZ	0,580	FZ-F3	0,605
F4-FZ	0,600	O1-T5	0,569	O1-T5	0,572	O1-T5	0,562
O2-O1	0,567	P4-PZ	0,536	F8-FP2	0,549	O2-T6	0,527
PZ-P3	0,510	PZ-P3	0,533	O2-T6	0,535	F8-FP2	0,508
F7-FP1	0,507	O2-T6	0,526	P3-T5	0,515	F7-FP1	0,499
O2-T6	0,491	O2-O1	0,525	F7-FP1	0,502	P3-T5	0,479
O1-P3	0,485	FP2-FP1	0,496	O1-P3	0,485	F4-FP2	0,451
F8-FP2	0,481	F7-FP1	0,493	O2-P4	0,470	O1-P3	0,440
P4-PZ	0,479	C4-CZ	0,480	O1-FZ	0,459		
P3-T5	0,476	O1-P3	0,464	F4-FP2	0,458		
CZ-FZ	0,473	P3-T5	0,456	F3-FP1	0,430		
C4-CZ	0,444	F4-FP2	0,454				
		F3-FP1	0,435				
<b>Alpha Fem.</b>		<b>Alpha Masc.</b>		<b>Beta 2 Fem.</b>		<b>Beta 2 Masc.</b>	
FZ-F3	0,825	F4-FZ	0,845	FZ-F3	0,481	PZ-P3	0,487
F4-FZ	0,825	FZ-F3	0,830	O1-T5	0,474	F4-FZ	0,481
F8-FP2	0,758	FP2-FP1	0,810	P3-T5	0,435	FZ-F3	0,479
FP2-FP1	0,748	F3-FP1	0,759	F4-FZ	0,416	O1-T5	0,472
F7-FP1	0,734	F7-FP1	0,752	O2-T6	0,410	O2-T6	0,466
O1-T5	0,708	F4-FP2	0,746	F7-FP1	0,400	F8-FP2	0,422
O2-T6	0,703	FZ-FP2	0,735	F8-FP2	0,393	F7-FP1	0,414
F4-FP2	0,702	F8-FP2	0,734	O1-P3	0,390	O1-P3	0,405
F3-FP1	0,695	FZ-FP1	0,717			T6-P4	0,394
FZ-FP2	0,680	O2-T6	0,713				
O1-FZ	0,674	O1-T5	0,698				
O2-F3	0,661	F3-F7	0,686				
O1-P3	0,635	F8-F4	0,679				
O1-F4	0,631	F4-F3	0,644				
O1-FP2	0,630	F3-FP2	0,637				
F3-F7	0,621	O2-F3	0,619				
O2-P4	0,612	O2-FZ	0,607				
F8-F4	0,610	F4-FP1	0,602				
FZ-FP1	0,602	O1-F4	0,598				
O2-FZ	0,601						
P3-T5	0,599						
F3-FP2	0,598						
O1-F3	0,598						
F4-F3	0,595						
P3-F8	0,580						

Fonte. Elaborado pelo autor (2023). Nota: Fem = feminino; Masc = masculino.

Para as faixas de frequências estudadas, o teste t de Student não revelou diferenças significativas nas médias dos valores de Coerência EEG entre os dois grupos ( $p > 0,05$ ), assim como ocorreu nas outras as aquisições com participantes em estado de repouso. Para o teste foram utilizados os 171 valores de Coerência EEG gerados para cada participante dos dois grupos.



## **APÊNDICE S – ESTUDO PILOTO: Aplicação de cinco itens do TAPC com aquisição de eletroencefalograma.**

### **1 INTRODUÇÃO**

O Estudo Piloto teve como objetivo avaliar a aquisição de dados de eletroencefalograma (EEG) durante a aplicação de cinco itens do teste TAPC por meio da plataforma *Testable*, a fim de atender a alguns objetivos específicos estabelecidos no Estudo Principal (Capítulo 5). O foco principal foi a configuração da plataforma, incluindo a montagem e a disposição dos itens, garantindo sua operacionalidade para minimizar movimentações por parte dos participantes ao responder aos itens ou avançar para os itens seguintes. Além disso, o Estudo Piloto também serviu para avaliar as configurações necessárias para a utilização do equipamento de EEG, incluindo a touca e os eletrodos apropriados, bem como as técnicas utilizadas para o tratamento dos dados obtidos por meio do EEG.

## 2 MÉTODO

### 2.1 Participante

O estudo piloto contou com uma única participante do sexo feminino (35 anos de idade e discente de programa de Pós-graduação da Universidade Federal de Minas Gerais), pois foi realizado em um momento de restrição de atividades presenciais na universidade devido à pandemia Covid-19 (fevereiro de 2022).

A atividade com a discente, que autorizou sua participação por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, foi suficiente para avaliação de todos os instrumentos e técnicas utilizadas.

### 2.2 Instrumentos

No Estudo Piloto foram empregados os cinco itens do teste TAPC (itens descritos no Apêndice B) designados para as aplicações com aquisição de EEG. Para conduzir o estudo, foram empregados os seguintes recursos: a plataforma Testable para a aplicação dos itens; o equipamento de EEG BWII Neurovirtual para a aquisição de EEG; o software livre Brainstorm para o tratamento dos dados de EEG; além de dois notebooks utilizados tanto para a aplicação dos itens como para a aquisição de EEG. Todos esses instrumentos estão detalhadamente descritos no Estudo Principal (Item 7).

### 2.3 Procedimento

O Estudo Piloto foi conduzido de acordo com os princípios éticos estabelecidos na Declaração de Helsinque e recebeu a devida aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), registrada sob o número CAAE 73522717.2.0000.5149. Todos os direitos de privacidade foram rigorosamente respeitados, e os dados obtidos estão mantidos em total sigilo.

#### - Aquisições EEG e aplicação dos itens TAPC

Foram realizadas duas aquisições de EEG. A primeira aquisição ocorreu com a participante em estado de repouso, sentada em uma cadeira apropriada, com os olhos fechados e a respiração controlada. A segunda aquisição foi realizada durante

a aplicação de cinco itens do TAPC. A pesquisa também foi conduzida com a participante sentada adequadamente, sendo solicitado que evitasse qualquer tipo de movimentação física, reduzisse os movimentos de piscar e apenas movesse o mouse, conectado ao notebook utilizado para a aplicação do teste, quando necessário, como, por exemplo, para selecionar a resposta ao item, avançar para os itens seguintes ou finalizar o teste.

As aquisições foram realizadas de acordo com sistema internacional 10-20 para posicionamento de eletrodos, com o setup padrão do equipamento de EEG e em sala apropriada do laboratório CEFALA (Centro de Estudos da Fala, Acústica, Linguagem e Música – Escola de Engenharia UFMG). O procedimento para as aquisições de EEG está descrito no Estudo Principal (Capítulo 5)

- Análise dos dados obtidos

Os dados obtidos por meio da aplicação dos cinco itens do TAPC por meio da plataforma *Testable* foram recuperados e avaliados após a aplicação, validando todo o processo realizado por meio da plataforma.

Os dados contínuos de EEG das duas aquisições foram processados para remoção de artefatos seguindo os seguintes passos:

- a. inspeção visual dos registros EEG para identificar e remover ruídos grosseiros (externos ou causados por movimentação física, incluindo piscadas sucessivas) que pudessem prejudicar análise dos dados;
- b. análise do espectro de potência PSD Welch para avaliar o nível de ruído nos registros EEG;
- c. detecção automática de artefatos, incluindo movimento ocular (EOG) e outros tipos;
- d. remoção de artefatos EOG e outros por meio do método *Independent Component Analysis* (ICA);
- e. identificação, seleção e recorte dos registros relacionados aos cinco itens do teste TAPC para análises posteriores. Neste último passo, foram gerados seis arquivos, sendo um referente à aquisição em estado de repouso e cinco relativos aos itens do teste.

Os seis arquivos resultantes passaram pelos seguintes processos para obtenção dos elementos gráficos de Coerência EEG:

- a. análise do espectro de potência PSD Welch para avaliar o nível de ruído;

- b. divisão dos seis registros de EEG em janelas de 2 segundos (janela de *Hanning*) para posterior obtenção dos dados de Coerência EEG, que podem indicar um aumento na interação funcional entre as redes corticais subjacentes aos eletrodos, para cada um dos registros;
- c. filtragem dos registros de Coerência EEG para as faixas de frequência Theta (4 a 8 Hz), Alpha (8 a 12 Hz) e Beta (12 a 30 Hz) por meio de filtros passa-faixa, para as devidas análises. Os limites inferior e superior apresentados para cada faixa foram utilizados apenas neste estudo piloto;
- d. geração dos elementos gráficos de Coerência EEG para as três faixas de frequência estudadas.

Os procedimentos detalhados para o tratamento e análise dos dados de EEG estão descritos no Estudo Principal (Capítulo 5).

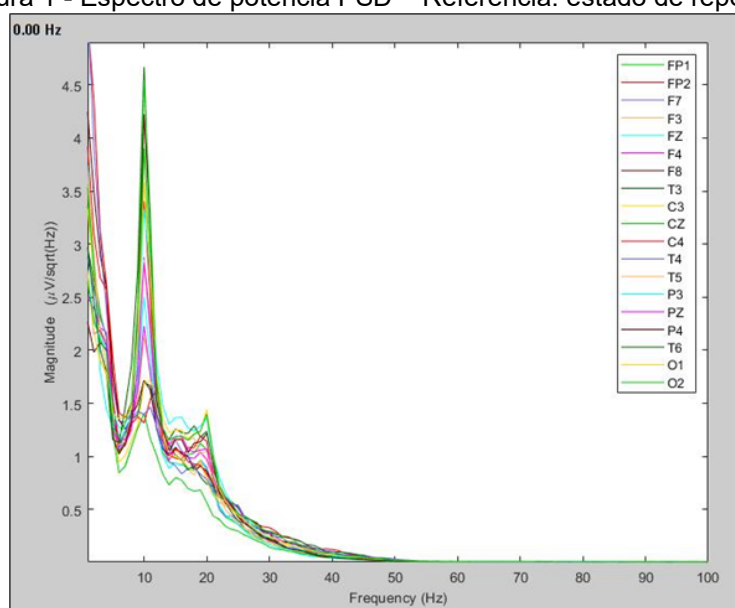


### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros resultados apresentados são referentes à aquisição com a participante em estado de repouso, com olhos fechados.

A figura 1 apresenta o espectro de potência PSD do registro da aquisição durante repouso.

Figura 1 - Espectro de potência PSD – Referência: estado de repouso.

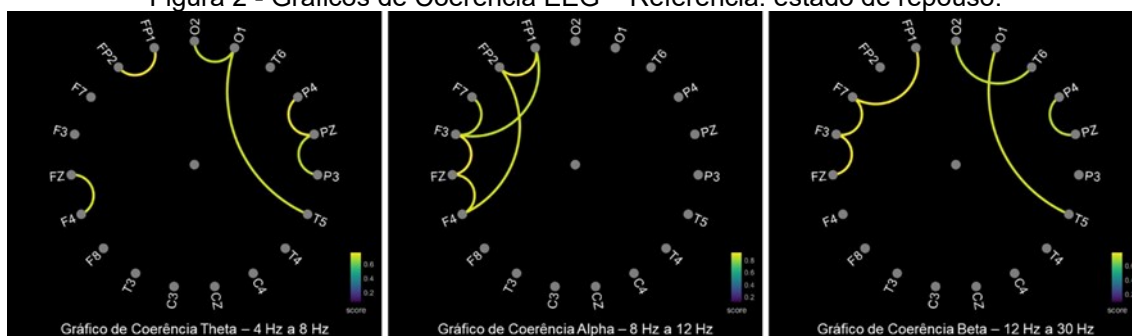


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

É possível observar a presença de dois picos de magnitude e frequências distintas. O primeiro ocorre em 10 Hz (faixa Alpha), com magnitude máxima no eletrodo T6, enquanto o segundo ocorre em 20 Hz (faixa Beta), com magnitude máxima no eletrodo O1. Também é notável uma alteração em 4 Hz (faixa Theta). Essas características são normais e comuns durante o estado de repouso, quando as ondas Alpha apresentam uma elevação significativa em suas amplitudes e magnitudes. As ondas Theta e Beta também exibem amplificações em suas amplitudes, porém com menor intensidade. (Herrmann et al., 2016; Hondrou e Caridakis, 2012; Jahidin et al., 2014). Também pode-se observar a inexistência de ruídos externos (p.ex. 60 Hz da rede elétrica) ou falha em alguns dos eletrodos, indicando que a aquisição foi feita de maneira adequada.

Os gráficos de Coerência EEG, relativos à aquisição com a participante em estado de repouso, para as ondas Theta, Alpha e Beta, são apresentados pela figura 2.

Figura 2 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: estado de repouso.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Os três gráficos apresentados foram gerados com base no setup padrão do software *Brainstorm*, tanto em termos de formatação visual quanto de valores de Coerência EEG. O software exibe valores de Coerência EEG que estão acima de 90% do valor máximo de coerência para cada faixa de frequência. Em teoria, os valores de Coerência EEG podem variar de 0 a 1, sendo 0 a indicação de ausência de coerência entre os eletrodos (ausência de fluxo elétrico). Quanto mais próximo de 1, maior a coerência entre os eletrodos (maior o fluxo elétrico), o que está relacionado a uma maior ativação de neurônios entre as regiões subjacentes (Guevara & Corsi-Cabrera, 1996).

Para a faixa Theta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos FZ-F4, Fp1-Fp2, O1-O2, O1-T5, P3-PZ e P4-PZ. O par Fp1-Fp2 apresentou o valor máximo de Coerência: 0,753. Para a faixa Alpha foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos Fp1-Fp2, Fp1-F3, Fp2-F4, F7-F3, F3-FZ e F4-FZ. O par F3-FZ apresentou o valor máximo de Coerência: 0,915. Para a faixa Beta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos Fp1-F7, F7-F3, F3-FZ, O2-T6, O1-T5 e P4-Pz. O par F3-FZ apresentou o valor máximo de Coerência: 0,774.

Pode-se observar que, para a aquisição em repouso, as ondas Alpha apresentaram valor máximo de Coerência EEG maior do que os valores apresentados pelas ondas Theta e Beta.

A seguir serão apresentados resultados obtidos da aquisição realizada durante da aplicação dos cinco itens do TAPC.

A figura 3 apresenta os gráficos de Coerência EEG relativo à aquisição de EEG durante execução do item 1 do TAPC.

Figura 3 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 1 TAPC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para a faixa Theta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos O1-O2 e O1-T5. O par O1-O2 apresentou o valor máximo de Coerência: 0,775. Para a faixa Alpha foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos O1-O2, F3-FZ, F4-FZ e FZ-CZ. O par F4-FZ apresentou o valor máximo de Coerência: 0,607. Para a faixa Beta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos O2-T6 e P4-PZ. O par O2-T6 apresentou o valor máximo de Coerência: 0,474.

A figura 4 apresenta os gráficos de Coerência EEG relativo à aquisição de EEG durante execução do item 2 do TAPC.

Figura 4 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 2 TAPC.

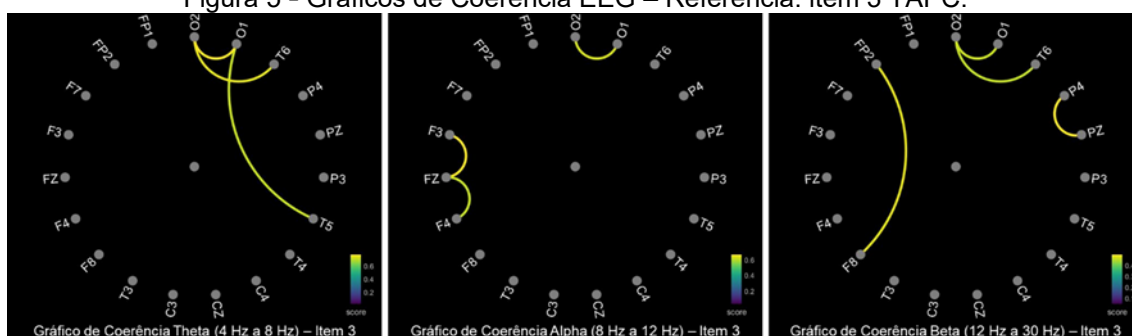


Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para faixa Theta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos F4-FZ e O1-O2. O par O1-O2 apresentou o valor máximo de Coerência: 0,752. Para a faixa Alpha foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos F4-FZ, P4-PZ e O1-O2. O par O1-O2 apresentou o valor máximo de Coerência: 0,614. Para a faixa Beta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos P4-PZ. O par P4-PZ apresentou o valor máximo de Coerência: 0,508.

A figura 5 apresenta os gráficos de Coerência EEG relativo à aquisição de EEG durante execução do item 3 do TAPC.

Figura 5 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 3 TAPC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para a faixa Theta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos O1-O2, O2-T6 e O1-T5. O par O1-O2 apresentou o valor máximo de Coerência: 0,763. Para a faixa Alpha foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos O1-O2, F3-FZ e F4-FZ. O par F3-FZ apresentou o valor máximo de Coerência: 0,663. Para a faixa Beta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos P4-PZ, O1-O2, O2-T6 e Fp2-F8. O par P4-PZ apresentou o valor máximo de Coerência: 0,494.

A figura 6 apresenta os gráficos de Coerência EEG relativo à aquisição de EEG durante execução do item 4 do TAPC.

Figura 6 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 4 TAPC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para a faixa Theta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos O1-O2, F3-F4. O par F3-F4 apresentou o valor máximo de Coerência para Theta: 0,875. Para a faixa Alpha foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos O1-O2 e F3-FZ. O par O1-O2 apresentou o valor máximo de Coerência para Alpha: 0,683. Para a faixa Beta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos F3-F8, O1-O2, O2-T6, P3-PZ, P4-PZ e O1-P3. O par O2-T6 apresentou o valor máximo de Coerência para Beta: 0,538.

A figura 7 apresenta os gráficos de Coerência EEG relativo à aquisição de EEG durante execução do item 5 do TAPC.

Figura 7 - Gráficos de Coerência EEG – Referência: item 5 TAPC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para a faixa Theta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos Fp1-F7, O1-O2 e O2-T6. O par Fp1-F7 apresentou o valor máximo de Coerência para Theta: 0,799. Para a faixa Alpha foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos F3-FZ, O1-O2 e O2-T6. O par F3-FZ apresentou o valor máximo de Coerência para Alpha: 0,694. Para a faixa Beta foram consideradas Coerências EEG entre eletrodos P4-PZ, P4-T6 e O2-T6. O par P4-PZ apresentou o valor máximo de Coerência para Beta: 0,532.

Observa-se as ondas Theta apresentaram valores máximos de Coerência EEG mais elevados do que os valores apresentados pelas ondas Alpha e Beta durante execução de todos os itens do teste. As ondas Alpha apresentaram valores máximos mais elevados do que os valores apresentados pelas ondas Beta.

Outro ponto a ser observado é que não foi apresentado padrão definido para os gráficos de Coerência EEG para nenhuma das faixas das frequências estudadas. Cada uma delas, e em cada um dos cinco itens, apresentou valores e Coerências EEG diferentes.

#### 4 CONCLUSÃO – ESTUDO PILOTO

No que diz respeito aos instrumentos, os resultados obtidos no Estudo Piloto confirmaram a viabilidade do uso da plataforma *Testable* para a aplicação dos itens do TAPC, do equipamento de EEG e seus acessórios, bem como dos dois notebooks utilizados tanto para a aquisição de EEG quanto para a aplicação do teste.

Ademais, o Estudo Piloto teve um papel crucial na determinação das técnicas de processamento dos sinais de EEG por meio do software Brainstorm, as quais foram empregadas no Estudo Principal (Capítulo 5).

Por fim, decidiu-se que as aquisições relacionadas à execução do Item 2 do teste TAPC seriam utilizadas para comparações individuais e entre grupos no Estudo Principal. A análise dos demais itens geraria um excesso de informações que poderia impactar negativamente na apresentação do estudo. O Item 2 é o que apresenta o maior grau de dificuldade entre os cinco itens apresentados, validando-o para as comparações propostas.

Os resultados do Estudo Piloto permitiram definir os pontos principais a serem analisados no Estudo Principal (Capítulo 5).