

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA

PAULO RODRIGO BAZÁN

Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em
cooperação

São Paulo

2023

PAULO RODRIGO BAZÁN

**Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em
cooperação**

Versão Original

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título de
Doutor em Ciências

Programa de Radiologia

Orientador: Prof. Dr. Edson Amaro Júnior

São Paulo

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Bazán, Paulo Rodrigo
Estudo da conectividade funcional entre cérebros
de pessoas em cooperação / Paulo Rodrigo Bazán. --
São Paulo, 2023.
Tese (doutorado) -- Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Radiologia.
Orientador: Edson Amaro Júnior.

Descritores: 1. Neuroimagem funcional
2. Envelhecimento saudável 3. Comportamento
cooperativo 4. Teoria da mente 5. Neurociência social

USP/FM/DBD-261/23

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

RESUMO

Bazán PR. Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2023,

Técnicas de neuroimagem permitem que novos paradigmas possam ser propostos para estudar interação social e teoria da mente. Novas técnicas permitem que possam ser avaliados sinais cerebrais de duas pessoas durante tarefas que requerem interação direta. Porém, pouco se sabe sobre o surgimento e evolução da interação dos sinais cerebrais durante a cooperação e sobre fatores que podem afetá-la, como o envelhecimento saudável. **Objetivos:** Avaliar e comparar duplas de jovens, dupla de idosos e duplas mistas (um jovem e um idoso) quanto: 1) ao comportamento cooperativo e sua evolução; 2) à atividade cerebral e 3) à conectividade entre cérebros e sua evolução ao longo de tarefa cooperativa, à medida em que o entrosamento é desenvolvido. **Métodos:** Foram avaliados dados de 93 participantes saudáveis que realizaram a mesma tarefa de cooperação em duplas. As duplas foram divididas em três grupos: 21 duplas de jovens (idade entre 18 e 35 anos), 15 de idosos (idade entre 60 e 75 anos) e 20 mistas (idades entre 18 e 75 anos). O sinal cerebral foi medido por espectroscopia funcional no infravermelho-próximo durante duas etapas de um jogo de labirinto bidimensional em que cada participante controlava um eixo de movimentação (um vertical e outro horizontal), de forma que tinham que cooperar para percorrerem o labirinto o mais rápido possível. Na primeira etapa, os voluntários interagiram em vários labirintos apresentados sequencialmente, de forma desenvolverem a cooperação durante 12 minutos de forma contínua. Na fase seguinte, um desenho experimental em blocos de 1 min foi usado para avaliar a atividade cerebral, intercalando blocos de jogo cooperativo, com blocos de observação de movimento gravado e de imitação do movimento gravado. **Resultados:** Comportamentalmente, as duplas jovens completaram um número maior de labirintos e tiveram mais porcentagem de tempo movimentando cursores em relação às duplas de idosos e duplas mistas, as quais tiveram um desempenho intermediário, e foi observada uma evolução linear do desempenho nas duplas como um todo. Quanto à atividade cerebral, Todas as duplas apresentaram atividades nas regiões da junção temporoparietal (JTP) direita, assim como em regiões somatomotoras durante a cooperação. Porém, as duplas jovens mostraram redução da atividade em regiões posteriores da JTP, sendo significativamente diferente das duplas de idosos. A conectividade entre cérebros foi observada nas duplas em geral, especialmente entre regiões da JTP. Houve maior conectividade na JTP em duplas de idosos em relação às duplas jovens, de acordo com a concentração de oxihemoglobina, não havendo diferenças com a desoxihemoglobina. Não houve evolução linear da conectividade e nem relação com o comportamento. **Conclusões:** A tarefa de cooperação proposta gerou o comportamento cooperativo esperado, porém a atividade cerebral na reduzida nas duplas de jovens assim como a

ausência de relação da conectividade com o comportamento e maior conectividade nas duplas de idosos sugerem que o desempenho na tarefa não dependa da conectividade e da atividade, que podem representar mais o esforço da busca de entender o planejamento do outro.

Palavras-chave: Neuroimagem funcional. Envelhecimento saudável. Comportamento cooperativo. Teoria da Mente. Neurociência social.

ABSTRACT

Bazán PR. Study of the functional connectivity between brains of people during cooperation. [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2023,

Neuroimaging techniques allow new paradigms to be proposed to study social interaction and theory of mind. New techniques allow two people's brain signals to be evaluated during tasks that require direct interaction. However, little is known about the emergence and evolution of the interaction of brain signals during cooperation and about factors that can affect it, such as healthy aging. **Objectives:** To evaluate and compare pairs of young people, pairs of elderly people and mixed pairs (one young person and one elderly person) regarding: 1) cooperative behavior and its evolution; 2) brain activity and 3) to the connectivity between brains and its evolution throughout a cooperative task, as the interaction is developed. **Methods:** Data from 93 healthy participants who performed the same cooperation task in pairs were evaluated. The pairs were divided into three groups: 21 young pairs (aged between 18 and 35 years old), 15 elderly pairs (aged between 60 and 75 years old) and 20 mixed pairs (aged between 18 and 75 years old). The brain signal was measured by functional near-infrared spectroscopy during two stages of a two-dimensional maze game in which each participant controlled an axis of movement (vertical or horizontal), so that they had to cooperate to go through the maze as fast as possible. In the first stage, the volunteers interacted in several mazes presented sequentially, in order to develop cooperation for 12 minutes continuously. In the next phase, a experimental design with blocks of 1 min was used to assess brain activity, interleaving blocks of cooperation, with blocks of observation of recorded movement and imitation of recorded movement. **Results:** Behaviorally, the young pairs completed a greater number of mazes and spent more time moving cursors in relation to the elderly pairs and mixed pairs, which had an intermediate performance, and a linear evolution of performance was observed in the pairs overall. As for brain activity, all pairs showed activity in the right temporoparietal junction (TPJ) regions, as well as in somatomotor regions during cooperation. However, the young pairs showed reduced activity in the posterior regions of the TPJ, being significantly different from the elderly pairs. Connectivity between brains was observed in pairs in general, especially between TPJ regions. There was greater connectivity in the TPJ in elderly pairs compared to young pairs, according to the concentration of oxyhemoglobin, with no differences with deoxyhemoglobin. There was no linear evolution of connectivity and no relationship with behavior. **Conclusions:** The proposed cooperation task generated the expected cooperative behavior, however, the reduced brain activity in pairs of young people, as well as the absence of a relationship between connectivity and behavior and greater connectivity in pairs of elderly people, suggest that performance in the task does not

depend on the connectivity and activity, which may represent more the effort of trying to understand the intention of the Other member of the pair.

Keywords: Functional neuroimaging. Healthy aging. Cooperative behavior. Theory of Mind. Social neuroscience.

DEDICATÓRIA

Esta tese é dedicada a todos os voluntários que participaram desta pesquisa, a todas as pessoas que se empenharam em *cooperar* comigo neste trabalho e/ou que me deram o suporte necessário, como amigos e família.

AGRADECIMENTOS

Sendo esta uma tese sobre cooperação, é importante ressaltar que ela não seria possível sem que muitas pessoas me ajudassem, das mais diversas formas. Por isso, agradeço de coração a todos e, de antemão, peço desculpas, mas preferi não colocar nomes, para evitar que uma falha pontual de memória diante das poucas horas de sono me levasse a cometer uma injustiça, pois todos foram que fizeram alguma parte nessa caminhada foram muito importantes.

Agradeço aos voluntários, que preencheram os questionários de triagem, mesmo que não tenham podido participar da pesquisa, seu interesse e disposição foram motivadores. Em especial, aos que vieram e participaram da coleta de dados do estudo, pois sem vocês não haveria estudo, mas agradeço também pelas conversas que tivemos durante as coletas. E espero que também tenham aproveitado a experiência.

Agradeço aos colegas e amigos que estavam no começo da caminhada, no LIM44, onde iniciei a minha caminhada acadêmica com a iniciação científica, e aos que foram chegando ao longo da jornada. Gosto de me lembrar que as primeiras ideias que culminaram neste projeto surgiram, principalmente, de uma conversa informal em uma confraternização do grupo.

Agradeço também a todos que me ajudaram na divulgação e no recrutamento de voluntários, como a academia Biodelta, o Voluntariado Einstein, as pessoas que fazem atividades para a terceira idade no São Paulo Futebol Clube, o grupo do CEPEUSP, entre outros.

Agradeço aos colegas e amigos da UFABC, onde pude expandir minha vivência científica por meio das colaborações que construímos, inclusive, a colaboração neste estudo.

Agradeço aos colegas e amigos do Hospital Israelita Albert Einstein, que contribuíram muito na parte prática deste projeto e também na vivência científica nos últimos três anos e meio.

Agradeço aos colegas e amigos da Brain Support, por meio da qual conheci a técnica de medida da função cerebral usada neste estudo, e que me proporcionou muitas experiências importantes.

Agradeço aos meus amigos fora do meio acadêmico, que me ajudaram de formas mais diretamente relacionadas com a tese, como sendo voluntários para os testes da fase de piloto da tese ou ajudando no recrutamento, ou de formas menos relacionadas, mas não menos importantes, estando ao meu lado.

Agradeço aos meus irmãos e meus pais, que sempre fizeram de tudo para que eu pudesse me dedicar aos estudos ao longo de minha vida e, inclusive, para conseguir realizar esta tese.

Agradeço à minha esposa e ao meu filho, por todo o carinho, apoio e compreensão nos momentos em que estive distante para realizar este trabalho.

Agradeço a Deus, por estar sempre ao meu lado e por me ajudar até aqui.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de experimentos de neuroimagem em neurociência social. Adaptado de Bazán e Amaro Jr. (81).	29
Figura 2: Estrutura 3D das moléculas de Desoxihemoglobina (esquerda) (147,148) e de Oxihemoglobina (esquerda) (149,150), destacando a mudança de posição do átomo de ferro (laranja, painel inferior) em relação ao plano do grupo heme. Imagem gerada com base no Protein Data Bank (151,152), com uso do Mol* WebGL (153)	40
Figura 3: Captura de tela do experimento, destacando o avatar e o que era visível ao redor do avatar	52
Figura 4: Esquema das etapas no dia do experimento	56
Figura 5: Posicionamento dos optodos no lado direito do escalpo. Fontes estão identificadas pela letra cor vermelha e pela letra S antes do número da fonte. Detectores estão em azul e são precedidos da letra D. A linha que conectam fontes e emissores indicam os canais formados. Círculos azuis indicam canais de curta distância.....	58
Figura 6: Métricas de desempenho por tipo de dupla e por labirinto na tarefa contínua. Os gráficos mostram a dispersão das métricas para cada tipo de dupla em cada labirinto jogado, incluindo uma curva suavizada para ilustrar as dispersões e sua sobreposição entre os tipos de duplas. São mostrados boxplots indicando as medianas o primeiro e o terceiro quartil, com linhas contínuas que se estendem até os maiores e menores valores dentro de 1,5 vezes o intervalo interquartil em relação ao terceiro e ao primeiro quartil, respectivamente. Também são mostradas as médias (losangos) com o indicativo de um desvio padrão.....	77
Figura 7: Métricas de desempenho por tipo de dupla e por labirinto na tarefa em blocos. Os gráficos mostram a dispersão das métricas para cada tipo de dupla em cada labirinto jogado, incluindo uma curva suavizada para ilustrar as dispersões e sua sobreposição entre os tipos de duplas. São mostrados boxplots indicando as medianas o primeiro e o terceiro quartil, com linhas contínuas que se estendem até os maiores e menores valores dentro de 1,5 vezes o intervalo interquartil em relação ao terceiro e ao primeiro quartil, respectivamente. Também são mostradas as médias (losangos) com o indicativo de um desvio padrão.....	80

Figura 8: Atividade cerebral na tarefa em blocos de acordo com concentração de oxi (esquerda) e desoxihemoglobina (direita) para cada condição e para a sua diferença. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido < 0,05; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido >= 0,05. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (source). A: Anterior. P: Posterior.	83
Figura 9: Atividade cerebral na tarefa em blocos em cada tipo de dupla de acordo com concentração de oxihemoglobina para cada condição e para a sua diferença. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido < 0,05; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido >= 0,05. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (source). A: Anterior. P: Posterior.	85
Figura 10: Atividade cerebral na tarefa em blocos em cada tipo de dupla de acordo com concentração de desoxihemoglobina para cada condição e para a sua diferença. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido < 0,05; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido >= 0,05. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (source). A: Anterior. P: Posterior.	86
Figura 11: Comparação das atividades durante o jogo cooperativo na tarefa em blocos entre os tipos de dupla, de acordo com a concentração e oxi (esquerda) e desoxihemoglobina (direita). Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido < 0,05; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido >= 0,05. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (source). A: Anterior. P: Posterior.	87
Figura 12: Comparação das diferenças de atividade cerebral durante o jogo cooperativo e durante a imitação na tarefa em blocos entre os tipos de dupla, de acordo com a concentração e oxihemoglobina. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido < 0,05; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido >= 0,05. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (source). A: Anterior. P: Posterior.	88
Figura 13: Conectividade entre ROIs na tarefa contínua com base na concentração de oxihemoglobina, destacando as regiões da junção temporoparietal. Os círculos representam as conectividades com p-valor corrigido < 0,05 e seus tamanhos são proporcionais aos valores da correlação transformada em Z-score.	90

Figura 14: Conectividade entre ROIs na tarefa contínua com base na concentração de oxihemoglobina, destacando as regiões da junção temporoparietal. Também foi observada conectividades entre regiões da junção temporoparietal e outras áreas, como giro frontal superior, parietal superior, pré e pós-central. Os círculos representam as conectividades com p-valor corrigido $< 0,05$ e seus tamanhos são proporcionais aos valores da correlação transformada em Z-score..... 91

Figura 15: Conectividade entre ROIs na tarefa contínua com base na concentração de oxihemoglobina para as duplas de idosos, destacando as regiões da junção temporoparietal. Também houve conectividade entre outras regiões, como frontal superior e giros pós, pré-central e parietal superior. Os círculos representam as conectividades com p-valor corrigido $< 0,05$ e seus tamanhos são proporcionais aos valores da correlação transformada em Z-score..... 93

Figura 16: Conectividade entre ROIs na tarefa contínua com base na concentração de desoxihemoglobina para as duplas de jovens, destacando as regiões da junção temporoparietal. Também há conectividade entre regiões da junção temporoparietal e outras áreas, como nos giros pré, pós-central, frontal médio e parietal superior. Os círculos representam as conectividades com p-valor corrigido $< 0,05$ e seus tamanhos são proporcionais aos valores da correlação transformada em Z-score..... 94

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Tabela do posicionamento dos optodes e das regiões cerebrais medidas... 58
- Tabela 2:** Dados demográficos e pontuações nos questionários e escalas. São destacadas as diferenças entre os participantes jovens das duplas jovens e das duplas mistas, com relação à idade e aos anos de escolaridade. Também, destacam-se as diferenças entre participantes jovens e participantes idosos quanto aos questionários de saúde (SRQ e HADS - Ansiedade), teste motor (9HPT), avaliação cognitiva (MoCA) e questionários de empatia. 66
- Tabela 3:** Respostas para o questionário de habilidades manuais e jogos. São destacadas as diferenças entre indivíduos idosos e jovens. 70
- Tabela 4:** Respostas ao questionário pós-experimento. Destacam-se os efeitos de tipo de dupla e/ou de faixa etária, para a facilidade de controlar o jogo, para as notas subjetivas de desempenho e entrosamento e para a percepção de quem estava liderando. 71
- Tabela 5:** Métricas objetivas de desempenho na tarefa contínua. Destacam-se os efeitos de tipo de dupla para as métricas de proporção de respostas e sua evolução, assim como as evoluções detectadas em cada tipo de dupla e no geral. 78
- Tabela 6:** Métricas objetivas de desempenho na tarefa em blocos. Destacam-se os efeitos de tipo de dupla para as métricas de proporção de respostas e sua evolução, assim como as evoluções detectadas em cada tipo de dupla e no geral. 81

LISTA DE ABREVIATURAS

9HPT	Teste dos nove pinos nos buracos, do inglês, <i>Nine-hole peg test</i>
ANOVA	Análise de variância, do inglês, <i>Analysis of variance</i>
DI	Duplas de idosos
DJ	Duplas de Jovens
DM	Duplas Mistas
DMN	Rede do modo padrão, do inglês, <i>Default-mode network</i>
DP	Desvio padrão
EEG	Eletroencefalografia
fMRI	Ressonância magnética funcional, do inglês, <i>functional magnetic resonance imaging</i>
fNIRS	Espectroscopia funcional no infravermelho-próximo, do inglês, <i>functional near-infrared spectroscopy</i>
HADS	Escala hospitalar de ansiedade e depressão, do inglês, <i>Hospital Anxiety and Depression Scale</i>
IIQ	Intervalo interquartil
IRI	Escala multidimensional de reatividade interpessoal, do inglês, <i>Interpersonal reactivity index</i>
JTP	Junção temporoparietal
Máx	Máximo
MEG	Magnetoencefalografia
Mín	Mínimo
MoCA	do inglês, <i>Montreal cognitive assessment</i>
NIRS	Espectroscopia no infravermelho-próximo, do inglês, <i>Near-infrared spectroscopy</i>
QE	Quociente de empatia
ROI	Região de interesse, do inglês, <i>Region of interest</i>
ROIs	Regiões de interesse, do inglês, <i>Regions of interest</i>
SQR	do inglês, <i>Self report Questionnaire</i>
RM	Ressonância magnética

ToM

Teoria da Mente, do inglês, *Theory of Mind*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	20
1.1 Motivação.....	22
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	24
2.1 Neurociência Social: origem e escopo	24
2.1.1 Desenhos experimentais em neuroimagem no contexto da neurociência social	28
2.2 Envelhecimento.....	35
2.3 Princípios da espectroscopia funcional no infravermelho próximo (fNIRS)	38
3 OBJETIVOS.....	43
3.1 Objetivo Geral.....	43
3.2 Objetivos Específicos	43
4 HIPÓTESES.....	44
5 MÉTODOS.....	45
5.1 Casuística	45
5.1.1 Critérios de Inclusão:.....	46
5.1.2 Critérios de exclusão:	46
5.1.3 Questionários, Escalas e Testes	47
5.2 Desempenho das duplas na tarefa cooperativa	50
5.2.1 Treinamento	50
5.2.2 Tarefas experimentais	51
5.2.3 Métricas objetivas de desempenho	54
5.2.4 Questionário Pós-experimento	55
5.2.5 Sequência experimental	55

5.3	Atividade cerebral durante a tarefa cooperativa em blocos.....	56
5.3.1.1	Montagem da espectroscopia funcional no infravermelho próximo	56
5.3.1.2	Pré-processamento dos dados	59
5.4	Conectividade entre cérebros na tarefa cooperativa.....	60
5.4.1.1	Pré-processamento dos dados	60
5.5	Análise estatística.....	61
5.5.1	Casuística.....	61
5.5.2	Desempenho na tarefa cooperativa.....	62
5.5.3	Análise de atividade cerebral durante a tarefa cooperativa em blocos.....	63
5.5.4	Análise da conectividade entre cérebros.....	64
6	RESULTADOS	66
6.1	Casuística	66
6.2	Desempenho das duplas na tarefa cooperativa	71
6.3	Atividade cerebral durante a tarefa cooperativa em blocos.....	82
6.4	Conectividade entre cérebros na tarefa cooperativa.....	88
7	DISCUSSÃO.....	96
7.1	Casuística	96
7.2	Desempenho das duplas na tarefa cooperativa	98
7.3	Atividade cerebral na tarefa em blocos	101
7.4	Conectividade entre cérebros.....	104
7.5	Limitações da tese	107
7.6	Direcionamentos futuros.....	108
8	CONCLUSÕES.....	110
	REFERÊNCIAS	111
	ANEXOS	142

APÊNDICES 162

1. INTRODUÇÃO

O funcionamento cerebral pode ser estudado por meio de várias técnicas que permitem observar e classificar diferentes padrões de comportamento de sinal comuns à regiões cerebrais, formando redes cerebrais. Estas técnicas são conhecidas como métodos de análise de redes cerebrais por meio de conectividade funcional (1–3). Como exemplo, temos a rede motora, assim chamada porque representa um padrão de sinal temporal comum a áreas anatômicas e funcionalmente ligadas à funções motoras (áreas motoras primárias, pré-motoras e núcleos subcorticais). Esta rede pode ser identificada mesmo durante o estado de repouso, condição na qual o voluntário fica sem realizar uma tarefa ou pensar em algo específico (4,5). Outras redes identificadas por meio de técnicas de análise de conectividade funcional são rede de modo padrão (do inglês *default-mode network* – DMN), rede fronto-temporal, redes ventral e dorsal de atenção, rede fronto-insular (*salience*) e outras (6,7). Ainda, é possível analisar como estas redes interagem entre si, como por exemplo a rede DMN e a rede Motora, e rede DMN e rede ventral de atenção (8–10). Alguns estudos indicam que a conectividade intra e entre redes cerebrais pode ser modulada por condições não apenas relacionadas a doenças, mas também relacionada ao desempenho em tarefas (11,12) e ao envelhecimento saudável (13,14). Voytek e Knight (15) argumentam que a dinâmica de comunicação entre regiões cerebrais pode ser a base para entendermos a cognição, o envelhecimento e diversos casos clínicos.

Expandindo este conceito além do indivíduo, parece-nos interessante avaliar a correlação da atividade de cérebros de duas pessoas que estão interagindo, de forma a estudar o papel dessa conectividade funcional entre cérebros para a cooperação entre indivíduos. Nos últimos anos, com a evolução de diversas técnicas de neuroimagem, aprendemos muito sobre o funcionamento cerebral de um indivíduo, mas faz-se necessário elucidar melhor funcionamento quando duas pessoas estão interagindo. Temos agora condições técnicas para avaliar mais de um voluntário simultaneamente, procedimento chamado de “hyperscanning” (16). Também, o avanço da técnica de espectroscopia de luz próxima ao infravermelho (NIRS – Near-InfraRed Spectroscopy) fornece novas possibilidades de estudos do funcionamento cerebral num contexto mais

próximo do dia a dia do voluntário, sem as limitações típicas de um aparelho de ressonância magnética ou de imagem de medicina nuclear, onde os indivíduos devem estar imóveis. Além disso, mesmo técnicas ‘portáteis’ como eletrencefalografia tem grande interferência por movimentos cefálicos, menos problemáticos quando usamos NIRS.

A nossa proposta é demonstrar método para estudo de dois cérebros humanos em ambiente de cooperação. A proposta tem dois componentes originais: primeiro, ao invés de estudar ‘jogos’ em que indivíduos competem para atingir um objetivo, muitas vezes jogados em turno, aqui estudaremos a cooperação entre duas pessoas que não se conhecem de forma contínua, para avaliar a evolução dessa cooperação e, em segundo, comparar a interação de pessoas considerando a idade: jovens interagindo com jovens, idosos interagindo com idosos e, por fim, jovens interagindo com idosos. A seguir comentamos a proposta desta tese em relação à estes dois componentes.

Decidimos avaliar comportamentos cooperativos, ou seja, situações em que os voluntários devem trabalhar juntos realizando ações complementares para chegar a um mesmo objetivo, que depende do entrosamento das pessoas envolvidas. De acordo com as teorias atuais sobre consciência(17–21), a troca e integração de informação entre regiões cerebrais é necessária para a consciência individual, portanto uma troca semelhante pode ser necessária para a consciência de grupo (22).

De fato, alguns estudos de “hyperscanning” mostram que durante a realização de tarefas semelhantes e complementares. Por exemplo, Toppi e col. (23) estudaram a conectividade entre cérebros de duplas de pilotos em um simulador de voo e observaram maior relação entre cérebros entre regiões frontais e parietais nas partes do voo que requerem mais interação dos pilotos. Outro estudo avaliou músicos tocando simultaneamente, observando conectividade entre regiões frontais dos voluntários (24).

A literatura científica é ainda recente e bastante variada quanto a variáveis que influenciam a cooperação entre indivíduos. Por exemplo, o nível de relacionamento prévio entre duplas (25) e o efeito de gênero (26,27) foram avaliados no contexto de interação para sincronização de resposta motora. Os resultados indicam que duplas de casais tem melhor performance, que duplas exclusivamente de mulheres tem pior performance e que a conectividade entre regiões frontais e da junção temporoparietal

podem ser importantes para a cooperação. Porém, ainda faltam estudos para entender quanto o entrosamento em si e a sensação de entrosamento se relacionam com a conectividade entre cérebros, e principalmente para avaliar o efeito do envelhecimento saudável – ainda que haja razões para que a cooperação em sistemas biológicos simples e complexos evolua com a idade (28). Há maior número de estudos que mostram como a cognição e a cooperação variam entre períodos da infância para adolescência e da adolescência para a idade adulta (29–31), mas poucos durante o envelhecimento.

1.1 Motivação

Nós humanos somos seres naturalmente sociais. Por isso é importante conhecermos as bases neurais que sustentam os nossos comportamentos sociais, como o comportamento cooperativo e o desenvolvimento de entrosamento.

Além disso, a avaliação do processo neural e da cooperação em si em diferentes faixas etárias permite estudar como nossa capacidade social evolui ao longo da vida, e mesmo como cérebros em diferentes estágios da vida interagem entre si.

A longo prazo, a compreensão desses mecanismos pode ajudar a melhorar a colaboração entre pessoas em atividades diárias, sendo da rotina do lar ou do trabalho (32). Também pode ser um ponto de partida para expandir nosso entendimento de doenças que afetam a sociabilidade do indivíduo, como as doenças do espectro autista, ou mesmo elucidar a possibilidade de consciência a nível de grupo (22).

Além disso, considerando o aumento da longevidade da proporção de idosos na população global, faz-se relevante entender como a cooperação ocorre nesse grupo etário, e também entender se existem peculiaridades ao analisar a cooperação entre pessoas de idades diferentes.

Dessa forma, utilizando a técnica de NIRS, este estudo visa avaliar a conectividade entre cérebros de indivíduos durante a realização de uma tarefa cooperativa simultânea, relacionando-a ao nível de entrosamento das duplas por meio de questionários e da correlação com a performance dos voluntários. E, como forma de avaliar este fenômeno num contexto específico e ainda pouco entendido, buscamos avaliar o efeito do envelhecimento saudável no entrosamento e no padrão de comunicação entre cérebros, uma área ainda com poucas investigações – mas

acreditamos ser bastante relevante levando-se em conta o acelerado envelhecimento da população e, em especial, entender como a técnica pode permitir investigar, por exemplo, efeitos de interação (e conseqüente isolamento) social nesta população – um fenômeno de proteção contra demências e claramente relacionado ao bem-estar do idoso (33,34). Este estudo pode oferecer uma visão abrangente do funcionamento cerebral durante realização de tarefa colaborativa. Esta investigação foi possível por meio da parceria entre a Universidade Federal do ABC, o InRad - FMUSP, e o Instituto do Cérebro do Hospital Israelita Albert Einstein que permite a utilização da técnica NIRS para estudos de envelhecimento saudável e ilustra como a cooperação entre instituições pode fornecer a perspectiva de futuras aplicações dos achados deste estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Neurociência Social: origem e escopo

O termo neurociência social foi proposto por Cacioppo e Berntson na década de 1990 (35), buscando aproximar e combinar as áreas de psicologia social e da psicobiologia (36). A psicologia social tem sua origem atrelada a estudos que trouxeram evidências da influência da presença de outros no desempenho individual, realizados final do século XIX e o começo do século XX. Apesar de não ser o foco principal de seu estudo, Ringelmann observou que o esforço individual diminuía ao aumentar o tamanho do grupo, em uma tarefa de puxar uma corda que simulava o trabalho agrícola da época (37,38). Por outro lado, Triplett analisou dados de ciclistas, observando que quando competiam diretamente com os outros, ao invés de contra o relógio, a performance era melhor, observando efeitos semelhantes em crianças rotacionando um carrete de pesca adaptado para o estudo, de forma que a maioria das crianças teve um desempenho melhor ao fazer a tarefa concomitantemente com outra criança do que fazendo sozinha (39). Esses estudos marcaram o início da psicologia social.

Após esses estudos e considerando o contexto sociopolítico do século XX, com as guerras mundiais, houve um aumento do interesse em entender a relação entre pessoas, e as influências recíprocas que as pessoas podem causar entre si, considerando, sentimentos, pensamentos e comportamentos (40). Despontaram diversos outros trabalhos, como os de Lewin que, entre outras contribuições, trouxe a ideia de explorar o contexto da situação do indivíduo, além das suas características, para entender suas atitudes (41). Vindo desse contexto, a psicologia social pode ser vista como tendo o foco no efeito do grupo sobre o indivíduo, na subjetividade do indivíduo, incluindo sua percepção de si e dos outros, e no desenho experimental para poder detectar efeitos que manipulações experimentais sutis podem gerar (42).

Por sua vez, a psicobiologia teve seu termo usado com conotações um pouco diferentes ao longo do século XX, sendo usado inclusive com certa característica reducionista, ao atribuir tudo aos processos fisiológicos, ou como uma alternativa para se distanciar de outras linhas da psicologia que estavam se desenvolvendo na época, como a psicanálise e a psicologia comportamental (36,43). Porém, o foco original era a

fuga do reducionismo. A psicobiologia busca observar e relacionar o comportamento, os sentimentos e a cognição, vindos da psicologia e avaliadas com métricas de comportamento, ou respostas motoras, e de questionários por autorrelato, com medidas e características biológicas, normalmente avaliadas por medidas fisiológicas (44), mas que podem incluir conceitos mais amplos como questões evolucionárias e ontogenéticas (43).

Da mesma forma, a ideia da neurociência social proposta por Cacioppo e Berntson era uma aproximação de perspectivas de diferentes níveis para estudar os fenômenos sociais, evitando um reducionismo de cada subárea dentro de si mesma (45). Como exemplo dessa integração de áreas, Cacioppo e seu grupo trabalharam em estudos envolvendo resposta imunológica e endócrina, que dependem também do sistema nervoso central, a estímulos estressores, levando em consideração o contexto social (46,47). A neurociência social estuda como o sistema nervoso de forma geral se relaciona com o contexto e com o comportamento social. Sendo assim, ela engloba várias subáreas, incluindo processamento emocional, linguístico (pensando na comunicação entre pessoas), moral, e outros aspectos importantes para interações sociais.

Considerando que a compreensão de mecanismos do sistema nervoso associados aos diversos comportamentos sociais são um dos pilares da neurociência social, o avanço de técnicas de neuroimagem funcional foi fundamental e permitiu o grande crescimento da área (48,49). Neste contexto, destaca-se a importância dada ao estudo do cérebro nos últimos anos, com diversas iniciativas promovendo o estudo do cérebro, como *The BRAIN initiative* (50), *The Human Brain Project* (51), *The International Brain Initiative* (52), entre outras. Sendo assim, uma parte importante da neurociência social que tem ganhado destaque é o chamado Cérebro Social (do inglês *Social Brain**).

O termo *Social Brain* foi usado por Brothers em 1990 para se referir a um conjunto de regiões cerebrais relacionadas com o processamento da complexidade social (53), tomando por base estudos em macacos e a teoria de que a evolução da inteligência está relacionada com as demandas cognitivas para o convívio em maiores grupos sociais (54–56). Conforme mencionado anteriormente, a interação social depende de diversos processos, desde coordenação motora, a habilidades sociais, como processamento

emocional, afetivo, capacidade empática e a capacidade de compreender o estado emocional e as intenções próprias e do outro. Essa capacidade de perceber as convicções e a perspectiva do próprio indivíduo e do outro é chamada de Teoria da Mente (ToM), ou de Mentalização. O termo teoria da mente foi utilizado pela primeira vez no contexto de considerar a capacidade que chimpanzés têm, assim como nós temos, de fazer essa atribuição de estados mentais (57)..

Estudo usando narrativas passaram a ser utilizados em humanos para entender componentes da ToM, como histórias desenhadas para avaliar falsa convicção (58). Para isso, era contada a história de um personagem que guardava um chocolate em uma caixa e saía do ambiente. Em seguida, outro personagem mudava o chocolate para outra caixa. Dessa forma, o personagem inicial ficava com a falsa convicção de que o chocolate ainda estava na caixa que ele o havia guardado. A criança era perguntada sobre onde estava o chocolate, onde o personagem inicial havia guardado o chocolate e onde o personagem iria buscar o chocolate ao retornar para o ambiente.

O desenvolvimento das técnicas de neuroimagem possibilitou termos melhores estimativas da estrutura cerebral, como medidas de volume cerebral. Foi observada relação entre o volume do neocórtex e a complexidade social, tanto em primatas não humano, quanto em humanos, e isso foi observado tanto na comparação entre espécies (59), quanto ao comparar habilidades e contexto social de indivíduos da mesma espécie (60). Esses resultados corroboraram a teoria evolutiva do cérebro social. Além das medidas estruturais, passou a ser possível a avaliação das funções de regiões cerebrais, permitindo identificar as que estavam associadas com a execução de tarefas de ToM.

Em 1995; um estudo usou tomografia por emissão de pósitrons com voluntários adultos para avaliar a atividade cerebral durante a leitura de histórias que apresentavam um componente de ToM, ou seja, em que era necessário interpretar o a convicção ou o raciocínio por trás da atitude do personagem da história. Essa condição foi comparada a histórias com uma consequência física, verificando maiores atividades na região parietal inferior direita (parte da junção temporoparietal direita) e em regiões pré-frontais mediais durante a leitura que envolvia ToM (61). A partir desses estudos iniciais, diversas variações das tarefas para avaliar aspectos específicos da ToM foram propostas e combinadas com técnicas de neuroimagem (62,63). Em um estudo avaliando o efeito de

lesões cerebrais também destacada a importância de regiões pré-frontais mediais para a ToM, usando paradigma com áudios de histórias em que o personagem principal agia com base em convicções falsas (64). Por outro lado, é possível que o córtex pré-frontal medial não esteja diretamente associado à interpretação do outro, mas sim a fatores emocionais, afetivos e introspectivos de relacionar o estado do outro a autorreferências (65).

Em paralelo a esses estudos, outros aspectos da neurociência social foram avaliados. Por exemplo, a capacidade de partilhar a atenção, de forma que uma pessoa possa direcionar o ponto em que a outra deve focar, seguiu caminhos semelhantes, tendo estudos realizados inicialmente com um foco comportamental (66,67), e em seguida com técnicas de neuroimagem (68–70). Também são importantes aspectos de como lidamos com a opinião e percepção dos outros. Regiões cerebrais associadas com processamento emocional, como amígdala, e com ToM, como córtex pré-frontal medial, tiveram atividade relacionada com esta percepção (71).

Outro aspecto importante para a interação social é coordenação de tarefas motoras. Uma das principais teorias relacionada à representação de movimentos realizados por outros é conhecida como teoria de neurônios-espelho. Experimentos diversos mostraram propriedades de neurônios que respondem tanto para a execução, quanto para a observação de tarefas, realizados inicialmente em primatas não humanos (72) e depois em humanos (73). Por meio de imagem funcional de ressonância magnética, foram identificadas áreas no giro frontal inferior e no lóbulo parietal respondiam tanto para a observação de movimentos simples, como oposição do polegar, quanto para sua execução, se mostrando ainda mais ativas quando o movimento era realizado por imitação (74). Foi proposto que neurônios de regiões da junção temporoparietal e do giro frontal inferior compunham o sistema de neurônios espelho, importantes na detecção e atribuição de intenção nos movimentos (75–77). Dessa forma, há certa sobreposição entre o sistema de neurônios espelhos e as regiões associadas à ToM, de forma que estas teorias podem se complementar (78,79). Ao explorar esses diferentes aspectos, foi sugerido que o córtex pré-frontal ventromedial estaria mais relacionado ao afeto, respondendo para imagens com conteúdo afetivo (e.g. pessoas de mãos dadas), enquanto regiões parietais inferiores, temporo-occipitais e dos giros frontal

inferior e frontal médio responderam mais para imagens mostrando cooperação sem conteúdo afetivo (e.g. pessoas levantando um objeto juntas). Nesse estudo, tanto as respostas do giro frontal inferior para cooperação e do córtex ventromedial pré-frontal se mostraram relacionadas com a empatia dos participantes (80).

Resumindo, as teorias evolutivas do Cérebro Social, com ToM e a teoria de neurônios espelho, parecem convergir para sistemas cerebrais que envolvem regiões frequentemente detectadas em experimentos realizados tanto com humanos e primatas não humanos: o complexo da amígdala, áreas do córtex pré-frontal medial, a junção temporoparietal, os polos temporais e a porção anterior do giro do cíngulo (78).

2.1.1 Desenhos experimentais em neuroimagem no contexto da neurociência social

Há diversos *setups* experimentais descritos na literatura como formas de estudar tanto o comportamento social quanto aspectos da fisiologia a ele associada por meio de neuroimagem. Podemos organizar estes tipos de desenho experimental em três categorias: A) aqueles com apenas um participante por vez, sem interação real direta; e aqueles em que mais de uma pessoa participa interagindo, B) medindo o sinal cerebral de apenas um participante, ou C) de dois ou mais participantes de forma síncrona, conforme ilustrado na Figura 1 (81);

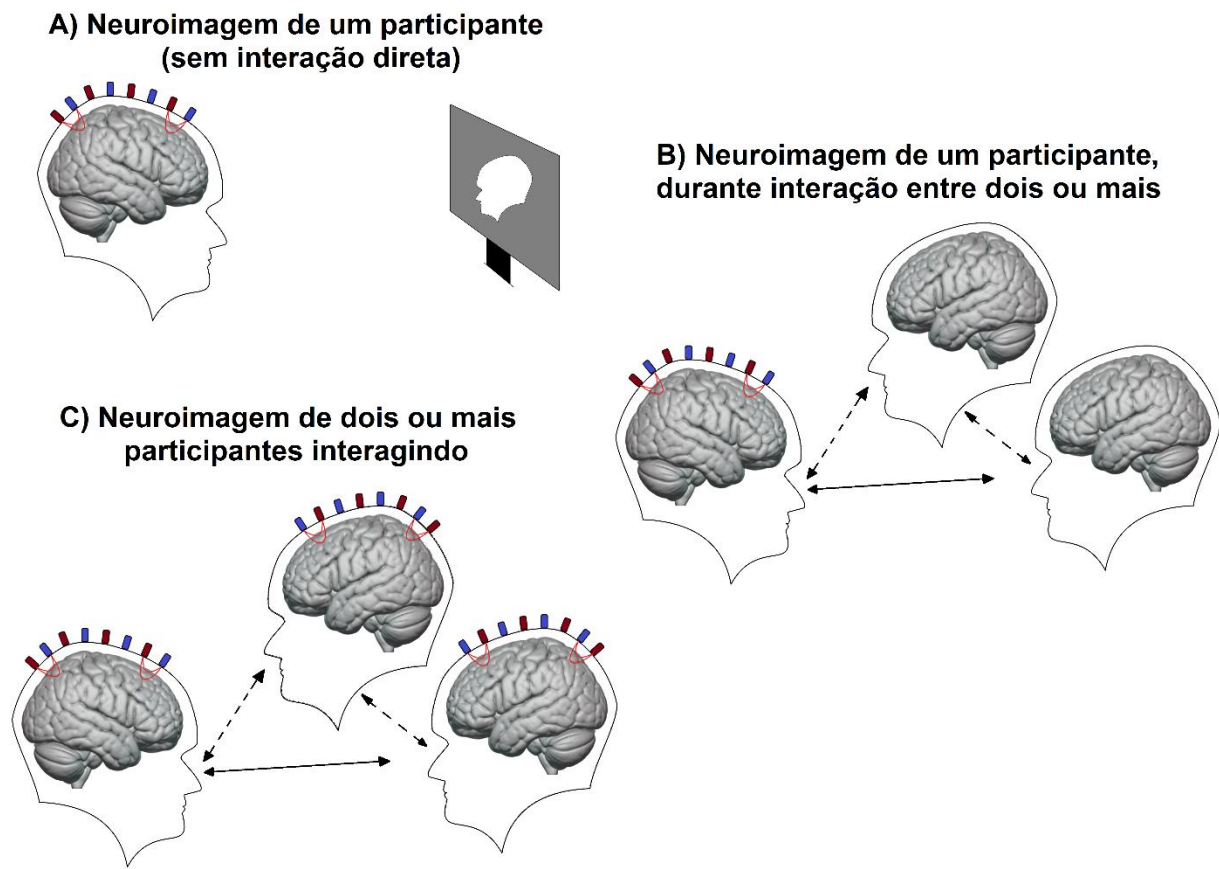


Figura 1: Tipos de experimentos de neuroimagem em neurociência social. Adaptado de Bazán e Amaro Jr. (81).

O desenho experimental com apenas um participante por vez (Figura 1A) não permite interação social direta. Neste desenho, o que se busca é avaliar um componente cognitivo específico, visando dissociá-lo de outros componentes que normalmente estão integrados nas nossas atividades diárias. Para isso, é utilizada uma situação experimental controlada que permita avaliar determinada característica de processamento emocional, ou de detecção de intenção, ou de outro componente social. Este tipo de desenho experimental avalia aspectos relacionados e fundamentais para nosso comportamento social, sem que seja necessário avaliar um participante em um contexto social real. Com este tipo de desenho experimental é que foram feitas as primeiras descobertas de neuroimagem funcional sobre as regiões cerebrais associadas à ToM (61,63,82–85). Contudo, estes estudos em geral têm a limitação de dependerem da suposição de que a realização de uma tarefa com vários componentes cognitivos seria igual à soma dos componentes e de seus efeitos cerebrais quando vistos

separadamente. Essa suposição pode não ser verdadeira em alguns casos, com atividades e mecanismos cerebrais não sendo observados quando separamos os componentes.

Na literatura científica há diversos exemplos do segundo tipo de desenho experimental, onde dois voluntários simulam uma interação, ou realizam uma interação real, mas apenas um participante por vez tem sua atividade cerebral registrada (Figura 1B). Por exemplo, Schippers e col. avaliaram a atividade cerebral de participantes jogando um jogo de charadas (86). Porém, o participante não jogava de forma simultânea com outra pessoa, mas sim, via um vídeo da outra pessoa que havia feito os gestos anteriormente, sendo também gravados os gestos do participante para que a outra pessoa pudesse adivinhar em uma sessão seguinte. As regiões da junção temporoparietal se mostravam ativas ao ver apenas e ao tentar adivinhar a charada, mas não para fazer o gesto. Neste experimento, regiões parietais, temporais e do giro pré-central estiveram relacionadas com todas as condições, possivelmente com diferentes intensidades (áreas descritas no sistema de neurônios-espelho). Talvez, a junção temporoparietal não estivesse engajada por não haver um ciclo fechado (entre duas pessoas) de interação real, em que a pessoa que faz o gesto poderia adaptá-lo de acordo com o comportamento da pessoa que tenta adivinhar – assim uma não responde à outra, não permitindo que a dinâmica natural de evolução da interação possa ser avaliada. Pesquisadores tentaram, de forma criativa, contornar esta dificuldade. Rauchbaue e col. (87) estudaram com ressonância magnética funcional a atividade cerebral de indivíduos durante uma conversa, usando como condição controle a conversa com agente de inteligência artificial (robô). Novamente a junção temporoparietal de forma bilateral se mostrou mais ativa na conversa entre humanos do que na conversa com o robô. Chauvigné e col. (88) avaliaram atividade cerebral de um dançarino (dentro de um equipamento de RM) que segurava a mão de sua dupla, comparando movimentos simulados de quando conduzia a dança e movimentos enquanto era conduzido. Atividades no córtex pré-frontal medial e na região temporal superior estiveram associadas com ser conduzido, associadas ao monitoramento da intenção e da performance, enquanto atividades no giro frontal inferior e no córtex pré-motor, possivelmente associado à necessidade maior de planejamento motor e improvisação

durante a condução. Contudo, o fato de apenas o sinal cerebral de um participante ter sido medido limita a percepção da dinâmica da atividade cerebral para a dinâmica da interação.

Mesmo considerando a complexidade que pode haver ao tentar capturar dados de neuroimagem de vários participantes em uma interação real, o terceiro tipo de desenho experimental foi criado. Esta alternativa consiste em observar variações fisiológicas (inclusive de neuroimagem) em pessoas que estejam de fato interagindo diretamente com outra pessoa, gravando os dados de forma síncrona, de forma que possam ser relacionados e analisados em conjunto (Figura 1C). Além disso, esta forma de experimento pode permitir o estudo de uma possível consciência de grupo, ou consciência coletiva, além de permitir avaliar situações mais ecológicas, ou seja, mais próximas da vida real (22). Apesar dos primeiros estudos relacionados à psicologia social, como os Triplett e Ringelmann terem ocorrido antes de 1900 (38,39), apenas recentemente as técnicas de neuroimagem evoluíram para permitir a gravação de sinais de mais de uma pessoa ao mesmo tempo. Este tipo de aquisição de dados foi batizado de *Hyperscanning* em 2002 por Montague e col. (16), em um estudo de viabilidade que sincronizou dois equipamentos de ressonância magnética. Desde então, a técnica de *hyperscanning* foi adaptada para diversos tipos de medidas fisiológicas além da imagem por ressonância magnética funcional (fMRI) (89), como eletroencefalografia (EEG) (90), espectroscopia funcional no infravermelho próximo (fNIRS) (91), magnetoencefalografia (MEG) (92), além de medidas não cerebrais, como condutância de pele e frequência cardíaca (93).

Ao avaliarmos interação social, é importante diferenciar alguns subtipos que podem ter características e mecanismos cerebrais diferentes uns dos outros. Um aspecto é a dinâmica temporal da interação, que pode ocorrer em turnos, de forma que a resposta dos participantes é dada em momentos específicos e diferentes, ou de forma simultânea, em que ambos dão a resposta ao mesmo tempo, e essa resposta pode ocorrer livremente no tempo. A interação também pode ser categorizada como competitiva, quando um voluntário deve vencer ou atrapalhar o outro em sua tarefa, ou cooperativa, quando há um objetivo comum a ser alcançado (94).

Como um modelo simples de cooperação, foram propostas tarefas de ação conjunta em que movimentos de oposição dos dedos devem ser realizados de forma simultânea, ou o tempo de resposta a um estímulo deve ser sincronizado entre os participantes. A sincronia entre cérebros (IBS; do inglês *interbrain synchrony*) no córtex pré-frontal se mostrou associada a melhores performances durante este tipo de tarefa cooperativa (95,96). Com este modelo de cooperação também foi possível estudar efeitos complexos das características dos membros da dupla na tarefa. Foram observados efeitos relacionados ao nível de intimidade entre os participantes, com casais apresentando melhor performance e maior IBS em regiões frontais superiores do hemisfério direito (97). Efeitos semelhantes nas regiões frontais foram observados em duplas formadas por mães e filhos, em relação a duplas sem parentesco, e foram associados com regulações emocionais nas crianças medidas por questionários (98). Alguns estudos que avaliaram efeito de combinação de gênero dos integrantes das duplas sugeriram melhor performance em duplas masculinas, e possivelmente mecanismos diferentes entre as duplas, com padrões diferentes de IBS (26,27). Estes tipos de estudos são informativos, porém se mostram ainda distantes da maior parte das interações que realizamos no nosso dia a dia.

Almejando elucidar os mecanismos neurais em formas mais complexas de cooperação, estudos de neurociência social passaram a avaliar a IBS em cooperações mais ecológicas (mais próximos de interações do dia a dia). Estudos avaliaram cooperação contínua entre piloto e copiloto em um simulador de vôo e viram aumento da IBS entre regiões frontais e parietais nas fases mais complexas do vôo, como o pouso (23,99). Estudos com interações musicais também têm sido propostos devido a sua característica ecológica (100). Novamente, conectividade entre sinais de EEG de regiões frontais de duplas de guitarristas foram associadas a trechos em que a música exigia maior coordenação (101), sendo que a direção desta conectividade indicava quem era o líder e quem acompanha ao tocarem (102). Também foram observadas relações entre os sinais de cérebros dos músicos e de quem escutava a execução da música, indicando diferentes padrões entre as coerências de cérebros de músico, entre músicos e plateia e entre membros da plateia, estando relacionadas com os sons das guitarras (103). Outras interações ecológicas também foram avaliadas como interações entre alunos e

professores, sugerindo efeitos de sincronia entre regiões frontais (104,105) e entre regiões da junção temporoparietal direita dos professores com regiões frontais dos alunos (106–108), possivelmente associados a capacidade de mentalização ou tomada de perspectiva dos professores em relação aos alunos (109). Uma meta-análise recente indicou que maiores IBS entre alunos ou com o professor estão associadas a melhores performance por parte dos alunos, especialmente com o aprendizado com comunicação face-a-face e com maior alternância de fala entre professor e aluno, ou seja, com mais diálogo e menos monólogos, independentemente da métrica específica usada para medir performance ou do tipo de conteúdo sendo apreendido (conceitual, matemático ou musical) (110).

Apesar das características específicas de cada tipo de tarefa, parece haver um efeito geral de conectividade entre cérebros em regiões pré-frontais e temporoparietais que ocorre durante cooperação, conforme recente meta-análise de estudos de fNIRS com tarefas cooperativas, com regiões pré-frontais sendo observada em praticamente todos os estudos (111). Ainda assim, certas regiões podem ter especificidade de acordo com o tipo de tarefa estudada. Por exemplo, essa meta-análise indicou que a junção temporoparietal foi observada em estudos com tarefas de resolução de problemas ou de criatividade.

Apesar da junção temporoparietal (JPT) de ambos os hemisférios ter sido reportada em estudos de ToM e em tarefas de percepção do outro (112), parece haver uma atenção maior para a junção temporoparietal direita em estudos com estimulação magnética transcraniana (113). Esses estudos sugerem que a junção temporoparietal direita está associada à manutenção, integração e comparação de modelos da percepção de si próprio e do outro com o ambiente. Outro estudo indicou que a inibição da JPT direita levou a uma piora em tarefas de imitação para pegar um objeto, possivelmente associada a uma piora da diferenciação do si e do outro, levando também à reprodução indevida de outros movimentos, que atrapalharam a imitação (114). Um estudo de fNIRS que avaliou a atividade cerebral de duplas durante uma tarefa de atenção conjunta com contato visual também sugeriu a importância da atividade da junção temporoparietal direita em relação à condição controle em que ambos os participantes respondiam a uma pista comum, ao invés de um guiar a atenção do outro

(69). Esse efeito pareceu estar associado a um maior contato visual. Utilizando uma tarefa competitiva, Ogawa e Kameda detectaram que a atividade na JPT direita era maior quando o voluntário competia com uma pessoa, do que quando competia contra algoritmos de computador (115). Por outro lado, a JPT à esquerda respondeu igualmente para competição com uma pessoa e com um algoritmo que se adaptava à resposta dada pelo voluntário. Sendo assim, os autores propuseram que a JPT à esquerda estava mais relacionada com planejamento estratégico da escolha no jogo, enquanto a JPT direita estava relacionada com a percepção do outro com um humano.

Uma característica ainda pouco estudada na neurociência social é a evolução da cooperação e a mudança ao longo do tempo na relação entre os sinais cerebrais das pessoas que estão interagindo. Dentre os poucos estudos que avaliaram este tópico, utilizando uma análise de agrupamento por k-médias, Li e col. indicaram que era possível identificar diferentes padrões de conectividade ao longo da tarefa cooperativa de desenvolver uma proposta de um produto para incentivar as pessoas a votarem (116). No estudo, o grupo encontrou 5 padrões, sendo que cada um parecia estar mais presente em um período sequencial da tarefa, ou seja, um padrão foi mais evidente nos primeiros 100s aproximadamente, outro padrão predominou nos 100 s seguintes e assim por diante. Curiosamente, em outro estudo do grupo, ao avaliarem a performance cooperativa a partir de avaliações de pesquisadores que observaram o comportamento das duplas, foi observado que enquanto a cooperação aumentou ao longo do tempo, a IBS entre a junção temporoparietal direita e uma porção anterolateral do córtex pré-frontal esquerda diminuiu (117). Isto foi atribuído a uma possível familiarização entre os voluntários, de forma que dependiam menos de dedicar esforços para entender o pensamento do outro para desenvolver a tarefa. Por outro lado, ao avaliar uma tarefa de solução de problemas realísticos em trios, Lu e Hao observaram um aumento da IBS entre regiões frontais dorsolaterais, junto com a melhora da cooperação, ao longo da tarefa (118). Possivelmente, como esta tarefa era em turnos com cada participante propondo uma nova solução para o problema no seu turno, é possível que o aumento da conectividade seja devido aos participantes precisarem mais da interação com o outro para novas ideias ao longo da tarefa. Dessa forma, faz-se necessário estudar mais a fundo as características da evolução da hiperconectividade e do comportamento ao

longo de tarefas cooperativas, buscando avaliaram o desenvolvimento da cooperação e do entrosamento. Este estudo visa avaliar as bases neurais da cooperação simultânea com uma tarefa de labirinto desenvolvida para esta finalidade: avaliar a evolução da cooperação em curto tempo – e tendo cuidado de evitar fatores de confusão como a relação entre os participantes – e o efeito da idade, pouco estudado apesar da grande relevância social e implicações de alto impacto do envelhecimento na nossa sociedade.

2.2 Envelhecimento

A nossa sociedade está envelhecendo numa velocidade sem precedentes e possui o pior índice de acesso à serviços de saúde entre as faixas etárias (119). Desta maneira, trata-se de um problema relevante para nossa sociedade, e entender, em particular, as propriedades de cooperação em cérebros de idosos é uma forma de trazer, não apenas informações originais deste segmento da população, mas também de contribuir para entendimento de sua contribuição e particularidades nas relações sociais.

Sabe-se pela literatura científica – conforme abordado até o momento – a importância de regiões frontais e da junção tempoparietal durante a interação cooperativa. Estas regiões apresentam diferentes características durante o envelhecimento, com velocidades de perda de volume e modificações de conectividade funcional distintas de outras faixas etárias (120). Ainda, é importante considerar que algumas características demográficas e psicossociais podem afetar a interação social e os sinais cerebrais, como gênero, ou grau de intimidade/proximidade entre as pessoas (121). Uma característica que pode ser relevante, mas que ainda foi pouco avaliada em cenários cooperativos e de *hyperscanning* é a idade. Em nosso levantamento bibliográfico não fomos capazes de encontrar estudos de cooperação com técnica de hyperscanning endereçados a entender as possíveis diferenças fisiológicas entre idosos e jovens saudáveis por meio de estudos de neuroimagem.

O envelhecimento está associado a diversas alterações cerebrais, como redução de volume e peso, assim como redução de neurotransmissores de forma geral (122). No envelhecimento saudável, relacionado a processos de senescência, ocorrem alterações não somente no sistema nervoso, mas alterações dependentes de outros sistemas como

na microbiota intestinal, afetando o eixo intestino-cérebro (123,124), ou como alterações neuroimunoendocrinológicas, que podem estar associadas com declínio na memória (125).

Funções cognitivas também tem um declínio gradual com a idade sendo que alterações na conectividade funcional podem estar relacionadas com a performance em tarefas de memória e de inibição (14). Mudanças de volume em regiões associadas com ToM ao longo do envelhecimento parecem estar relacionadas com traços de personalidade como amabilidade, modéstia e auto disciplina, que podem afetar a interação social (126). Uma meta-análise de estudos de fMRI destacou aumento de atividade em regiões da rede do modo padrão (*Default-mode Network*) e na rede frontoparietal com o envelhecimento, sendo que esta última rede estava relacionada com a performance cognitiva (127). A reorganização da conectividade funcional também foi sugerida com medidas de EEG (13,128). Mudanças na região do córtex pré-frontal, tanto por menor oxigenação da região, quanto por conectividade reduzida, além de alterações no acoplamento neurovascular foram reportados por Yeung e col., com base em fNIRS (129).

Considerando especificamente as habilidades mais relacionadas com a interação social, estudos iniciais indicaram igual ou melhor performance de ToM em idosos (130). Entretanto, a meta-análise realizada por Henry e col. Incluiu estudos subsequentes que avaliaram diferentes tipos de ToM (primeira ou segunda ordem; interpretação de histórias, expressão dos olhos; crenças incorretas ou gafes) com e diversos tipos de estímulos (apresentação verbal, por fotos, ou vídeos) e indicou um declínio geral com envelhecimento, independentemente do tipo de estímulo utilizado ou do subtipo de ToM avaliado (131). Mais recentemente, outros estudos também indicaram declínios de ToM em idosos, usando tarefas mais ecológicas, mais próximas de interações reais. Dois estudos usando variações de filmes mostrando situações mais realistas de interações também encontraram piora na performance de ToM em idosos (132,133). Contudo, é difícil comparar a literatura: um destes estudos observou declínio, corrigindo pela performance cognitiva geral, que esteve também relacionada com a acurácia na ToM (132); outro nota que o declínio observado pode ser explicado pelas funções cognitivas

e empáticas, e que deixou de ser significativo ao incorporar estas variáveis no modelo de análise do desempenho em ToM (133).

Visando outra forma de interação ecológica, Canty e col. propuseram uma realidade virtual com situações de compras em um shopping com amigos virtuais, que tinham algumas personalidades definidas, medindo habilidades de ToM a partir de perguntas após cada interação no ambiente virtual (134). Usando esse método, Grainger e col. verificaram a redução geral na ToM em idosos entre 60 e 81 anos em relação a adultos jovens de 17 a 26 anos, mesmo não tendo encontrado diferenças significativas em testes mais tradicionais com uso de histórias ou de imagens de olhos de pessoas para as quais os participantes deveriam atribuir emoções (135). Esse efeito se manteve significativo mesmo controlando pelo desempenho em testes de função cognitiva e em uma escala de engajamento social. Dessa forma, parece haver mais evidências apontando para um declínio na ToM (interpretação da intenção do outro) em idosos, mas ainda contraditórias sobre o quanto isso está associado a um declínio cognitivo geral.

Além de estudos comportamentais, a atividade cerebral foi estudada em idosos com tarefas de ToM. O estudo de ressonância magnética funcional realizado por Moran e col. (136) avaliou tanto o comportamento em tarefas de ToM, quanto a atividade cerebral. Este estudo empregou três tarefas: uma com movimento de objetos geométricos, comparando movimentos que imitavam interações sociais com movimentos mais mecânicos (como o disparo de uma bala de canhão); outra com histórias que requeriam uma avaliação moral de um personagem que podia ter uma intenção neutra ou negativa em relação a um segundo personagem, variando também o desfecho como neutro ou negativo; e uma tarefa de falsa convicção, comparando com fotos com causalidade física. O grupo observou que os idosos apresentavam mais erros na tarefa de convicções falsas em relação jovens adultos, além de atribuírem menos culpa ao ator com intenção negativa se o desfecho fosse neutro, e mais culpa se o desfecho fosse negativo, mesmo que o ator tivesse agido de forma neutra. Foi observado também menor atividade na região medial pré-frontal.

Tendo em vista características relacionadas à cooperação, uma meta-análise recente indicou que idosos tendem a ser mais altruístas (137). Por exemplo, ao assistirem a vídeos de pessoas executando um movimento doloroso, idosos

apresentaram maior reatividade emocional, e mostraram maior esforço para ajudar quando eram propostos a ajudar a dobrar panfletos para uma campanha relacionada ao tema de dor abordado (138). Outra característica estudada na literatura é a tendência a cooperar ou ser altruísta em jogos em que os participantes podem escolher buscar um lucro comum juntos, ou buscarem um lucro individual. Mais que o comportamento geral, a manipulação do comportamento do computador com quem a pessoa está jogando (muitas vezes pensando que está jogando com uma pessoa de fato) permite estudar a adaptação do comportamento, considerando a identificação de quão confiável a dupla está sendo. Com esse tipo de controle experimental, estudos indicam que comportamentos diferentes em idosos, que parecem ser mais influenciados pela aparência de quem estão cooperando, demorando mais para identificar o comportamento egoísta da dupla (139). Além de terem maior dificuldade nesse aprendizado, foi observada maior atividade no giro angular e no giro temporal médio dos idosos que aprendiam, em relação a idosos que não aprendiam (140).

Considerando estudos com idosos em contexto de hyperscanning, parece haver uma lacuna na literatura com relação a este grupo. Um estudo avaliou a sincronia entre cérebros em idosos usando fNIRS, comparando a atividade cerebral de duplas formadas por casais com a de duplas de idosos que não se conheciam (141). Nesse estudo, os participantes competiam para responder o mais rápido possível a um sinal na tela, recebendo um feedback após cada tentativa. Com esse paradigma, foi observada maior competitividade entre casais idosos, acompanhada de um aumento de IBS entre regiões da junção temporoparietal direita e do giro temporal médio esquerdo. Não obstante, ainda faltam estudos que avaliem cooperação em idosos e sua IBS durante *hyperscanning*.

2.3 Princípios da espectroscopia funcional no infravermelho próximo (fNIRS)

A técnica de espectroscopia funcional no infravermelho próximo tem por objetivo medir a atividade cerebral ao longo do tempo. Para isso, a técnica se baseia em dois fundamentos: os diferentes espectros de absorção da hemoglobina com oxigênio (oxihemoglobina) e da hemoglobina sem oxigênio (desoxihemoglobina); e o acoplamento neurovascular, ou seja, que a atividade neural acarreta mudanças de aporte sanguíneo

para a região, e conseqüente mudança nas concentrações de oxi e de desoxihemoglobina. Os diferentes espectros de absorção estão associados às mudanças conformacionais e eletromagnéticas da molécula de hemoglobina ao se associar com o oxigênio (Figura 2), que induz um alinhamento do átomo de ferro em relação ao plano do anel da porfirina removendo e tendo um impacto nos elétrons livre do átomo de ferro (142). O acoplamento neurovascular depende da atividade de células gliais e de mediadores liberados diretamente pelos neurônios (143,144). Sendo assim, essa resposta relacionada ao nível de oxigenação do sangue é uma resposta que pode demorar alguns segundos para atingir seu pico (145,146).

Desoxihemoglobina

Oxihemoglobina

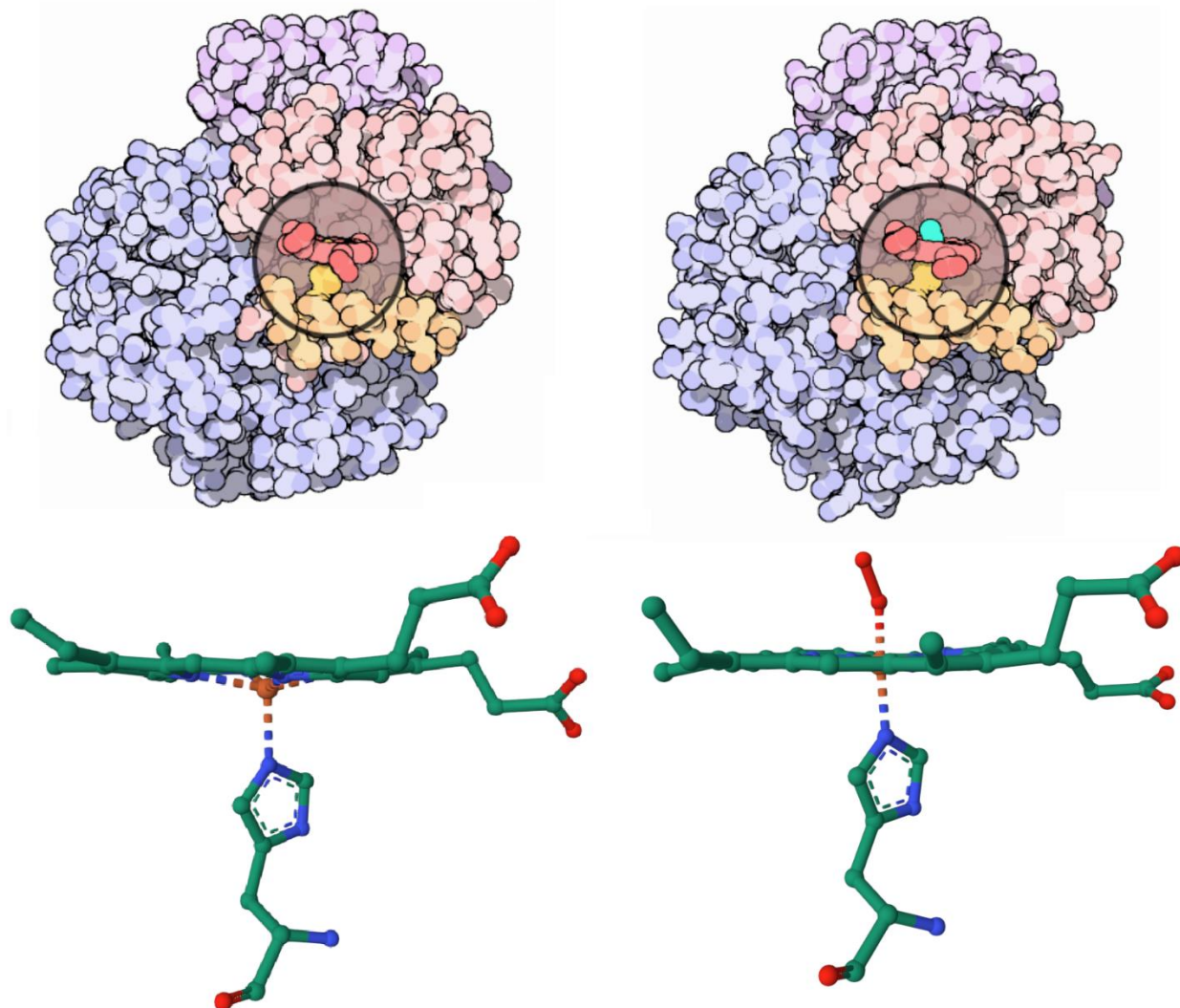


Figura 2: Estrutura 3D das moléculas de Desoxihemoglobina (esquerda) (147,148) e de Oxihemoglobina (esquerda) (149,150), destacando a mudança de posição do átomo de ferro (laranja, painel inferior) em relação ao plano do grupo heme. Imagem gerada com base no Protein Data Bank (151,152), com uso do Mol* WebGL (153)

Ao longo do século XX, a possibilidade de usar propriedades espectroscópicas da hemoglobina foi sendo estudada em diversos contextos, como por exemplo nos precursores do oxímetro de pulso (154). Após esses diversos avanços da técnica de espectroscopia, em 1977, Jöbsis mostrou a viabilidade de registrar a variação da concentração de oxihemoglobina no cérebro *in vivo*, primeiro em gatos e depois em

humano que fazia hiperventilação para induzir essa variação (155). Em seguida, Ferrari e col. monitoraram de forma contínua a sinal cerebral em voluntários humanos tanto realizando a hiperventilação quanto respirando uma misturas controladas de gases, reforçando a viabilidade da técnica (156). No início da década de 1990 foram realizados os primeiros estudos funcionais, ou seja, avaliando a atividade cerebral humana ao longo do tempo, com base na resposta hemodinâmica medida pela espectroscopia no infravermelho próximo (157–160).

A espectroscopia é capaz de detectar substâncias de acordo com seus diferentes espectros de absorção em frequências de ondas diferentes. Cada substância tem um coeficiente de absorção, de forma ao emitirmos uma luz sobre uma substância e detectarmos de outro lado quanto da luz passou, podemos calcular quanta luz foi absorvida e estimar a concentração da substância, utilizando a lei de Beer-Lambert. Essa lei foi adaptada gerando a lei modificada de Beer-Lambert para considerar o espalhamento e o caminho percorrido pela luz no organismo, que também afeta a quantidade de luz que será detectada (146,161). Curiosamente, a luz apresenta um padrão de espalhamento no tecido humano de forma que parte da luz chega a penetrar em camadas corticais do cérebro e interage de diferentes formas com os tecidos do corpo, mudando de direção e sendo detectada pelos sensores (detectores de luz). Dessa forma, podemos posicionar fontes e detectores de luz ao longo do escalpo de ver a concentração de oxi e desoxihemoglobina em diferentes regiões corticais. No caso do fNIRS, essa medida é feita por meio de emissão e absorção de luz em alguns comprimentos de onda dentro do espectro do infravermelho próximo, sendo necessário usar dois ou mais comprimentos de onda, normalmente entre 650 e 950 nm para ser possível estimar as concentrações de oxi e de desoxihemoglobina. Essas frequências de onda são pouco absorvidas por água e gordura (em comparação com comprimentos maiores), e conseguem penetrar nos tecidos humanos, sendo mais absorvidas por oxi e à desoxihemoglobina em um nível adequado – nem muito pouco, que impediria a diferenciar dessas substâncias, e nem absorvida em excesso (como acontece em comprimentos de ondas menores), permitindo que a luz seja detectada após passar pelos tecidos (162). Considerando que a distância entre fonte e detector é também fator importante para determinar a localização do tecido que modula a luz até ser detectada,

a medida de fNIRS é realizada posicionando fontes e detectores espaçados de 2 a 4 cm, sobre as regiões cerebrais de interesse (163). É comum serem utilizadas as toucas para posicionamento dos optodos seguindo o sistema de coordenadas 10-20 e suas variações (164,165). Cada combinação de fonte e detector forma um canal e um mesmo detector pode ser combinado com diversas fontes e vice-versa, dado que as fontes sejam programadas para emitir a luz em momentos diferentes.

Comparada a outras técnicas, a fNIRS oferece resoluções espaciais e temporais intermediárias, dado que tem frequência de amostra temporal maior que a ressonância magnética, porém menor que o EEG, na faixa de 4 a 60 Hz. Quanto à resolução espacial, é da ordem de 1-3 centímetros (163,166), sendo um pouco mais precisa que o EEG (167), mas tendo a vantagem de que o canal mede o sinal específico de onde foi colocado, diferente do sinal de eletroencefalografia no qual o eletrodo pode captar sinais vindo de diversas regiões cerebrais, sendo necessária uma cobertura cerebral para reconstrução da fonte de sinal. A fNIRS oferece maior liberdade de movimentação, por não ser afetado por atividade muscular como o EEG e a MEG (168), e por não depender da posição estática da cabeça do participante como a MEG, a ressonância magnética e técnicas de imagem por radioisótopos (tomografia por emissão de pósitrons, por exemplo). Além disso, esta técnica oferece elevada viabilidade de implementação em contextos ecológicos (169), sendo também promissora para estudos com crianças. A técnica de fNIRS também vem sendo cada vez mais utilizada para *hyperscanning* (170), por permitir distribuir diferentes optodos do sistema em diferentes participantes e por oferecer versões compactas que podem ser portáteis.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Esta tese tem por objetivo geral estudar o comportamento, atividade cerebral e a conectividade entre cérebros de pessoas durante tarefa cooperativa síncrona em duplas, comparando duplas de jovens, duplas de idosos e duplas mistas.

3.2 Objetivos Específicos

De forma específica, o intuito foi avaliar os seguintes aspectos da cooperação:

- I. O desempenho e sua evolução temporal, comparando entre duplas de idosos, duplas de jovens adultos e duplas mistas;
- II. A atividade cerebral durante a realização da tarefa cooperativa proposta, assim como as diferenças de atividade cerebral entre os tipos de duplas;
- III. A conectividade entre cérebros na tarefa cooperativa proposta, assim como as diferenças de conectividade entre os tipos de duplas, sua evolução temporal e relação com o desempenho;

4 HIPÓTESES

Neste estudo, esperamos que o desenho experimental proposto faça com que os as duplas desenvolvam o entrosamento ao longo das tarefas, especialmente durante a tarefa contínua, já estando um pouco mais estabelecida na tarefa em blocos. Dessa forma, considerando os efeitos discutidos na revisão de literatura sobre a importância da junção temporoparietal para a ToM e da conectividade entre cérebros para interação social (seção 2.1), esperamos que encontrar atividade na junção temporoparietal direita durante a tarefa em blocos, e um aumento da conectividade entre cérebros ao longo da tarefa contínua, associada com uma melhora do desempenho das duplas.

Considerando os efeitos do envelhecimento saudável, relacionado a menores atividades em tarefas de interação social em idosos e as menores conectividades no estado de repouso (136,171), espera-se que a conectividade funcional entre cérebros também diminua nas duplas de idosos, e que estas duplas apresentem menor atividade cerebral que as duplas jovens. Porém, dois efeitos diferentes podem acontecer com relação às duplas de diferentes faixas etárias (Jovem e Idoso), dado que pessoas de diferentes faixas etárias podem ter dificuldade de se entrosar do que pessoas de mesma faixa etária, ou pode ser que este tipo de dupla tenha um desempenho intermediário, ou seja, pior que as duplas de jovens, mas melhor que as duplas de idosos, sendo que as atividades e conectividades entre cérebro devem acompanhar o desempenho.

Dessa forma, as hipóteses para cada objetivo são:

- I. As duplas de jovens deverão ter melhor desempenho comportamental em relação às demais duplas. O desempenho comportamental em todas as duplas deve melhorar ao longo da tarefa contínua (evolução positiva);
- II. Devemos observar atividade na junção temporoparietal direita durante a tarefa cooperativa, com maior atividade entre as duplas de jovens;
- III. Devemos observar conectividade entre regiões da JTP, sendo maior nas duplas de jovens. Todas as duplas deverão apresentar aumento da conectividade ao longo da tarefa e apresentar correlação positiva em relação às métricas de desempenho.

5 MÉTODOS

O projeto teve como instituição proponente o a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, com a devida aprovação por seu comitê de ética com o número CAAE: 69431617,4,0000,0065 (Anexo A), no dia 09 de agosto de 2017. O projeto apresentou como instituição coparticipante a Universidade Federal do ABC, para realização das coletas de dados de espectroscopia funcional, tendo sido aprovado pelo comitê local em 23 de agosto de 2017 (CAAE: 69431617,4,3001,5594; Anexo B). O Hospital Israelita Albert Einstein foi incluído como instituição coparticipante, com aprovação por seu comitê de ética em 20 de outubro de 2021; (CAAE: 69431617,4,3002,0071; Anexo C). Emendas, devidamente aprovadas, foram apresentadas aos Comitês pertinentes ao longo deste projeto para acomodar necessidades relativas à pandemia de COVID-19 (ANEXOS D e E).

5.1 Casuística

Este é um estudo prospectivo, utilizando uma amostra da população considerada neurológica e psiquiatricamente saudável, com idades entre 18 e 35 anos e entre 60 e 75 anos. Os voluntários foram agrupados dois a dois, de acordo com disponibilidades comuns de horários, sem que nenhuma informação de um integrante da dupla fosse passada ao outro integrante. Buscou-se manter o pareamento entre combinação de sexos das duplas (duplas de homens, duplas de mulheres e duplas mistas) em relação aos diferentes tipos de duplas de acordo com as faixas etárias (duplas de jovens, DJ; duplas de idosos, DI; e duplas mistas, DM). Os voluntários eram convidados a participar de até duas sessões de aquisição de dados de fNIRS. Parte dos participantes participou em uma única dupla, enquanto parte participou de duas duplas, na tentativa de controlar efeitos individuais ao comparar os diferentes tipos de duplas. O número de duplas que participou de uma ou de duas sessões de fNIRS está listado na sessão de resultados. O recrutamento foi realizado por divulgação em mídias sociais pessoais e por divulgação interna no Hospital Israelita Albert Einstein (plataforma Workplace e nos televisores do refeitório). Também foram contatados e/ou visitados grupos e academias com atividades para pessoas acima de 60 anos, para divulgação do estudo. Em todos esses meios foi divulgado o link da plataforma REDCap (172,173), contendo o termo de consentimento

livre e esclarecido para participação neste estudo, assim como um questionário estruturado de triagem, contendo perguntas sobre antecedentes médicos (Apêndice A) e contendo escalas validadas, além de perguntas complementares relacionadas ao estudo (Apêndice B). A partir das respostas desse questionário, foram filtrados os que estavam de acordo com os critérios de inclusão e de exclusão, apresentados abaixo:

5.1.1 Critérios de Inclusão:

- Idade entre 18 e 35 ou entre 60 e 75 anos;
- Sem alteração neurológica conhecida;
- Sem ter doença neurológica
- Sem transtorno psiquiátrico;
- Nível de educação primário – escolaridade mínima de 8 anos;
- Destro(a) (índice de dominância lateral de Edimburgo).

5.1.2 Critérios de exclusão:

- Voluntários com história de epilepsia, neurocirurgia, trauma craniano ou outras alterações neurológicas, avaliadas pelo questionário de triagem, por perguntas diretas e por escala (MoCA);
- Paciente com doenças psiquiátricas como depressão, ansiedade, avaliados pelo questionário de triagem, avaliadas por perguntas diretas e por escalas (HADS e SRQ-20);
- Paciente com diabetes tipo I, que faziam uso de insulina ou com casos moderados ou severos de diabetes tipo II, de acordo com a pontuação *Diabetes Severity SCOr* (174);
- Pacientes com doença orgânica grave não controlada que possa interferir na condução do estudo, como neoplasias, avaliadas por perguntas diretas no questionário de triagem;
- Voluntários com contraindicação ao exame de fNIRS, ou qualquer outra condição que na opinião do investigador responsável torne problemática a inclusão do voluntário em um ensaio com dessa natureza, assim como voluntários que não aderem ou não cooperam;

- Circunstâncias não planejadas durante o recrutamento foram decididas pelo aluno em conjunto com seu orientador e são descritas na sessão de resultados.

5.1.3 Questionários, Escalas e Testes

Todos os questionários foram aplicados com a plataforma REDCap (172), que oferece ferramentas para curadoria de dados e de segurança, permitindo o controle dos campos identificadores e a anonimização dos dados. Também oferece a possibilidade de aplicação de questionários à distância, ou presencialmente, com preenchimento pelo voluntário ou pelo pesquisador. Os resultados dos testes cognitivo e motor também foram adicionados pelos pesquisadores nesta plataforma.

Neste estudo, houve dois tipos de uso dos questionários, escala e testes: 1) Como critério de triagem; 2) Como métricas a serem avaliados no estudo, sendo comparadas entre tipos de duplas e relacionadas com os demais dados coletados.

Para verificação dos critérios de inclusão e exclusão, foram usados os seguintes teste, escalas e questionários:

- Perguntas sobre antecedentes médicos (Apêndice A): Questionário estruturado com 9 perguntas, avaliando o histórico de doenças e problemas de saúde em geral, eventuais sequelas, e dependência química. De forma mais específica, as perguntas buscam identificar históricos de alterações ou doenças neurológicas, e de doenças ou transtornos psiquiátricos ou psicológicos. Foram preenchidas pelo voluntário no questionário online de triagem.
- Inventário de Edimburgo de dominância lateral (175): Foi utilizada a versão adaptada para português do Brasil (176), considerando apenas os 10 itens referentes à dominância manual. Foi adotado o critério de índice > 40 para considerar que o voluntário fosse destro, conforme usados em estudos prévios (177–179). Foi preenchido pelos voluntários no questionário online de triagem.
- *Hospital Anxiety and Depression Scale* (HADS) (180): Utilizada para a exclusão de doenças psiquiátricas, mais especificamente de depressão e ansiedade. A HADS é dividida em duas subescalas que avaliam depressão e ansiedade, tendo cada uma como critério de corte para o Brasil valores iguais ou superiores a 9 (181). Foi preenchida pelos voluntários no questionário online de triagem.

- *Self Report Questionnaire-20 (SRQ-20)* (182). Questionário de 20 itens que, de forma ampla, avalia transtornos não-psicóticos, e foi traduzida para o português como parte de um estudo internacional da organização mundial da saúde (183). São utilizadas perguntas binárias, de sim ou não, sobre diversas questões de saúde, totalizando 20 pontos. Foram considerados como critério de corte valores iguais ou superiores a 8; seguindo valores propostos anteriormente para esta escala (184). Foi preenchido pelos voluntários no questionário online de triagem.
- *Montreal Cognitive Assessment (MoCA)* (185): Teste criado por para avaliação cognitiva rápida, com alta sensibilidade. Consiste em itens avaliando diversas funções cognitivas avaliadas, como função executiva, visuoespacial, nomeação, memória, atenção, linguagem, abstração e orientação (saber o dia e o local em que se encontra local). Ao todo, os itens compõem 30 pontos, sendo que um ponto de bônus é dado para participantes com 11 ou menos de anos de escolaridade. Foi adotado o critério de corte para valores iguais ou inferiores a 22; conforme proposto por uma meta-análise internacional (186), e também de acordo com os dados de uma publicação recente com amostra brasileira, que encontrou esse critério de corte para participantes com 12 ou mais anos de escolaridade (187). Este teste foi aplicado na participação presencial.

Como variáveis de interesse para avaliação no estudo, foram utilizados os seguintes testes escalas e questionários:

- Questionários sobre habilidade manual e jogos (Apêndice B): Questionário estruturado com 8 perguntas, proposto neste estudo, de forma a avaliar sucintamente habilidade manual, focando nos hábitos de uso de interfaces eletrônicas (celulares, tablets, computadores, etc.) e de habilidade em jogos. O questionário também avaliou de forma genérica outros hábitos que pudessem ajudar na destreza manual (por exemplo, tocar piano). Este questionário foi aplicado na etapa online de triagem.
- Inventário de empatia (188): Escala de 40 itens desenvolvida no Brasil. Utiliza uma escala Likert de 1 a 5 pontos, correspondendo às frequências: nunca, raramente,

regularmente, quase sempre e sempre. Sendo assim, a escala varia de 40 a 200 pontos. Pode ser dividida em 4 subescalas, cada uma com 10 itens: Tomada de Perspectiva, Flexibilidade Interpessoal, Altruísmo e Sensibilidade Afetiva. Aplicado na participação presencial.

- Escala Multidimensional de Reatividade Interpessoal de Davis (IRI, do inglês *Interpersonal Reactivity Index*) (189): Escala composta por 28 itens em escala Likert de 0 a 4 pontos, sendo 0 correspondente a “Não me descreve bem” e 4 “Descreve em muito bem”. Estes itens estão divididos em 4 subescalas: Tomada de perspectiva, Consideração empática, Angústia pessoal (tradução livre de *Personal Distress*) e Fantasia. Porém, a na versão validada no Brasil (190), não foi incluída a subescala Fantasia, ficando a escala com 21 itens. Além disso, a escala é apresentada com opções de 1 a 5; mas esses valores foram posteriormente computados como indo de 0 a 4; para corresponder com o artigo original. Sendo assim, a pontuação na escala pode ir de 0 a 84; Aplicado na participação presencial.
- Quociente de Empatia de Baron-Cohen (191): Escala proposta originalmente com 40 itens, focando em detectar especificamente a empatia. Foi utilizada a versão curta (192), seguindo a versão transculturalmente adaptada para o Brasil (193). Esta versão contém 21 itens, correspondentes a 4 domínios: empatia cognitiva, reatividade emocional, habilidades sociais e dificuldades empáticas. Os itens seguem uma escala Likert com 4 opções: “Concordo totalmente”, “Concordo Parcialmente”, “Discordo Parcialmente” e “Discordo totalmente”. A pontuação de cada item varia de 0 a 2; sendo atribuídos 2 pontos para respostas totalmente alinhadas com a frase empática, 1 ponto para respostas parcialmente alinhadas, e 0 pontos para respostas não alinhadas, independente se foram parcialmente não alinhadas, ou totalmente não alinhadas. Sendo assim, a pontuação do teste pode variar de 0 a 42 pontos. Aplicado na participação presencial.
- *9-Hole Peg-test* (9HPT): Teste para avaliação da destreza manual, inicialmente proposto por Kellor e col. (194) e com normas estruturadas e confirmadas posteriormente por Mathiowetz e col. (195) e por Oxford Grice e col. (196) respectivamente. Consiste em colocar 9 pinos em furos distribuídos em um gride quadrado 3 x 3 e retirá-los retornando-os à posição inicial. Os pinos devem ser

movimentados um por vez, usando apenas uma das mãos. O teste é feito separadamente com cada mão, iniciando pela mão direita. Para cada mão, o participante faz uma vez a tarefa como treino, para garantir que tenha entendido as instruções, e então é feita a versão válida, em que o tempo de execução da tarefa é cronometrado e em que são faladas pelo pesquisador palavras de incentivo. O teste oferece um resultado para a mão direita e um para a mão esquerda, e um escore final pode ser obtido a partir da média desses dois tempos. Aplicado na participação presencial.

5.2 Desempenho das duplas na tarefa cooperativa

Visando avaliar o desempenho cooperativo e sua evolução ao longo do tempo, um jogo de interação cooperativa foi criado para este estudo. O jogo consiste em cada voluntário controlar um eixo de movimentação de um avatar em um labirinto, de forma que os integrantes da dupla tenham que se entrosar para conseguirem percorrer o caminho. Este jogo foi jogado em duas tarefas experimentais: uma de cooperação contínua e uma em blocos sendo alguns de jogo, outros apenas de observação ou de imitação. Foram programadas também etapas de treinamento para controle do jogo e para familiarização com as tarefas experimentais. As duas tarefas experimentais do jogo e os treinamentos foram programados em MATLAB R2015a (MathWorks, Natick, Massachusetts, Estado Unidos América), utilizando o pacote Psychtoolbox 3,0,16 (197,198).

5.2.1 Treinamento

Foram realizados treinamentos antes da execução das tarefas, sendo o primeiro para que os voluntários aprendessem a usar o teclado, realizado antes da colocação da touca de fNIRS, e outros dois treinamentos de familiarização com a tarefa, realizados cada um imediatamente antes execução de cada tarefa. No primeiro treinamento, de uso do teclado, os participantes deveriam apertar cuja velocidade correspondesse ao número de setas mostradas na tela, no sentido apontado pelas setas. O voluntário deveria chegar à velocidade indicada o mais rapidamente possível e manter aquela velocidade até que as setas mudassem. As setas mudavam após 2 s na velocidade correta, ou após

completarem 10 s. Caso o voluntário estivesse pressionando a tecla correta, as setas ficavam verdes; caso fosse uma tecla errada, as setas ficavam vermelhas. O treinamento tinha um mínimo de 24 velocidades, e duração máxima de 12 minutos. O treinamento era encerrado após três respostas corretas com tempo de resposta abaixo de 1 s (caso tivesse concluído o mínimo de repetições), ou ao completar 12 minutos. A ordem das velocidades apresentadas era aleatória em sequências das 8 velocidades possíveis, ou seja, eram ciclos com as 8 velocidades mostradas de forma aleatória, e cada velocidade só se repetia no próximo ciclo, mas em outra ordem aleatória. Durante a execução deste treinamento o avatar era mostrado na tela

No treinamento de familiarização da tarefa contínua, os voluntários jogavam um labirinto do jogo com um pesquisador, sendo que o labirinto utilizado era um labirinto mais curto do que usado durante o experimento. De forma semelhante, o treinamento da tarefa em blocos simulava um ciclo de blocos (3 blocos completos e o início de um quarto bloco, para exemplificar que a tarefa seguiria). No treinamento, os blocos tinham duração de 20 s, mais curta do que na tarefa.

5.2.2 Tarefas experimentais

Duas tarefas foram propostas: uma tarefa de interação contínua, e uma de interação em blocos. A tarefa de interação contínua tinha por objetivo permitir a avaliação da sincronia entre cérebros e a conectividade intracerebral e suas evoluções ao longo do tempo. Para isso, os voluntários jogavam um jogo cooperativo de forma contínua por 12 minutos. O jogo consiste em percorrer um caminho/labirinto de forma cooperativa, com um voluntário controlando o eixo vertical de movimentação, enquanto o outro integrante da dupla controla o movimento no eixo horizontal. Para evitar efeito de planejamento do caminho, os voluntários viam apenas o traçado próximo ao avatar (um quadrado preto de 20 x 20 pixels) que controlavam no jogo, simulando que esse avatar estivesse com uma vela iluminando o caminho (Figura 3). Além disso, para que houvesse um efeito de adaptação do comportamento dos participantes para conseguirem cooperar durante a tarefa, cada voluntário controlava o movimento em seu eixo de direção com 8 botões no teclado, representando 4 velocidades diferentes que podiam ser utilizadas em cada sentido (direita e esquerda, ou para cima e para baixo). Os labirintos utilizados

apresentavam curvas com diversas angulações e formas, além de trechos mais alinhados com um dos eixos de movimentação, o que sugeria também o uso de diferentes velocidades para um melhor desempenho. Para evitar que os voluntários ficassem sempre pressionando um botão corresponde ao sentido em que tinham que ir, independente do comportamento da sua dupla, ao bater em uma das paredes do labirinto, o avatar ficava vermelho, e se mantinha parado por 0,5 segundo, como critério de penalização. Os voluntários eram informados que o avatar sempre iniciaria no canto superior esquerdo e completaria o labirinto no canto inferior direito, para dar um direcionamento geral, evitando que o voluntário tivesse que procurar para qual direção seguir. Os voluntários também eram instruídos de que assim que completasse um labirinto, outro seguiria, iniciando novamente no canto superior esquerdo, e que a tarefa terminaria sozinha.



Figura 3: Captura de tela do experimento, destacando o avatar e o que era visível ao redor do avatar

A tarefa em blocos continha 3 tipos de blocos identificados pelas seguintes instruções: Observe, Imite e Jogue. O bloco de jogo era equivalente ao jogo da tarefa contínua, mas com duração de 1 min. No bloco de observação os voluntários eram instruídos a não apertar nenhum botão e apenas observar atentamente o movimento ao

longo do labirinto. No bloco de imitação, os voluntários deveriam imitar os movimentos que eram feitos pelo avatar, tentando apertar os botões que correspondentes às movimentações observadas. Cada bloco tinha duração de 60 s, sendo que nos primeiros 2 s do bloco era mostrada a instrução referente ao bloco que seria realizado (“Observe”, “Imite” ou “Jogue”). Cada bloco foi executado 4 vezes, em uma ordem pseudo-randomizada pré-definida e comum a todos os voluntários (Figura 4). Esse desenho em blocos foi proposto para destacar o componente cooperativo do jogo em suposição de adição e subtração de componentes cognitivos. Assim, o bloco observe, usado como linha de base tinha as mesmas características visuais e cognitivas ao jogo cooperativo, com exceção da atividade motora e do fator de cooperação, enquanto a imitação foi proposta para tentar subtrair também o componente motor.

Para que as condições fossem mais próximas, os dados de posição do avatar ao longo dos labirintos da tarefa contínua foram utilizados nos blocos de observação e de imitação da tarefa em blocos, de forma a terem características mais próximas e relacionada com comportamento da dupla no jogo cooperativo. Para evitar que os participantes reconhecessem os labirintos e se lembrassem do caminho, os labirintos foram invertidos, e mostrados de trás para frente – sempre foi mantida a característica de começar pelo canto superior esquerdo e terminar no canto inferior direito.

Os labirintos, ou caminhos utilizados no jogo foram desenhados manualmente e passaram por avaliação durante a fase de piloto para selecionar os labirintos que tivessem características parecidas quanto à dificuldade, refletida no tempo necessário para percorrê-los. Para isso, 20 labirintos foram testados online durante a pandemia, em que voluntários percorriam o labirinto traçando à mão um caminho em uma sessão de tela compartilhada pelo aplicativo web Jamboard (Google LLC, Mountain View, Estados Unidos da América) (199). Ao todo, 7 voluntários com idades entre 27 e 67; destes, participaram deste teste. Duas ordens dos labirintos foram utilizadas sendo uma oposta à outra. Foi cronometrado o tempo que cada voluntário precisou para percorrer cada labirinto. Esses tempos foram padronizados dentro de cada voluntário (subtraídos da média do voluntário e dividido pelo desvio padrão do voluntário), e foram calculadas as médias dos valores padronizados para cada labirinto. Os labirintos que tiveram médias acima de 1 ou menores que -1 foram excluídos, resultando na exclusão de 7 labirintos,

e uso de 13 labirintos no estudo. Dos 7 labirintos excluídos, os 2 que tiveram em média os menores tempos foram utilizados nas etapas de treinamento de familiarização com a tarefa.

5.2.3 Métricas objetivas de desempenho

Referente ao comportamento medido de forma objetiva nas tarefas experimentais, foram usadas 5 métricas para avaliação do desempenho:

1. Proporção de teclas: calculada como o número de teclas válidas apertadas dividido pelo número de voltas no laço de leitura de teclas no programa do jogo. Importante notar que um mesmo laço ter mais de uma tecla, caso ambos os voluntários estejam movimentando o avatar simultaneamente. Reflete quanto os voluntários estavam otimizando a movimentação do avatar, que as melhores movimentações ocorrem quando ambos os voluntários estão apertando juntos nos casos de caminhos não alinhados com os eixos, ou quando pelo menos um dos voluntários está movimentando continuamente o avatar, no caso de trechos alinhados com um dos eixos de controle. Espera-se que com entrosamento maior, esta métrica aumente, devido à redução dos momentos em que ambos os voluntários ficam sem movimentar o avatar, pensando nas teclas ou esperando uma resposta de sua dupla para definir a movimentação, e por um aumento das movimentações simultâneas.
2. Proporção de voltas com resposta válida: semelhante à métrica anterior, mas calculando apenas o número de laços em que houve uma resposta válida, dividido pelo total de laços. Dessa forma, não é dado peso extra para quando as pessoas estão respondendo ao mesmo tempo. Também se espera que esta métrica aumente ao longo dos labirintos, representando uma maior habituação dos participantes entre si, e dos participantes com a tarefa.
3. Proporção de teclas juntas: é o número de laços em que foi detectada ao menos uma tecla válida vinda de cada voluntário, dividido pelo total de laços de leitura de teclas. Reflete quanto do tempo disponível os voluntários estavam agindo juntos. É importante notar que em alguns trechos específicos (trechos muito alinhados com um dos eixos de movimentação), o melhor comportamento pode ser apenas uma pessoa

da dupla responder. Porém, estes trechos são minoria nos labirintos, de forma que valores maiores desta métrica indicam melhor desempenho ou maior entrosamento.

4. Proporção de batidas: Número de laços em que foi detectada uma batida dividida pelo total de laços. Valores maiores indicam melhor desempenho.
5. Número de labirintos jogados: Esta métrica se refere a quantos labirintos foram iniciados pela dupla, de forma que ela corresponde ao número de labirintos completos mais 1; dado que seria o labirinto em que a dupla estava quando o experimento foi encerrado. Valores maiores indicam melhor desempenho.

Com exceção do número de labirintos jogados, as métricas foram calculadas por labirinto e então foi feita a média de cada dupla nos labirintos jogados. Como essas são proporcionais, evitam-se problemas com os labirintos que ficaram incompletos e com possíveis diferenças de tempo para completar os labirintos.

5.2.4 Questionário Pós-experimento

Visando complementar as métricas objetivas de desempenho, para melhor entender o comportamento cooperativo das duplas ao longo da tarefa, foi aplicado um questionário pós-experimento (Apêndice C). Trata-se de um questionário estruturado composto por 16 questões, sendo parte delas perguntas binárias (Ex: “Foi fácil controlar o jogo”), parte em notas de 0 a 10 e parte perguntas abertas em que a pessoa podia comentar livremente. Este questionário avalia a estratégia usada pelos participantes durante as tarefas, sua percepção subjetiva de desempenho (do indivíduo e da sua dupla separadamente, e da dupla como um todo) e entrosamento (com perguntas pedindo uma nota de 0 a 10), o conforto dos voluntários durante o experimento e o quanto gostaram do jogo. Este questionário foi aplicado logo após os voluntários terem completado as duas etapas do jogo.

5.2.5 Sequência experimental

A sequência de etapas seguidas pelos participantes está exemplificada na Figura 4; O primeiro passo era a etapa online de questionários de triagem, aplicada pela plataforma REDCap. Sequencialmente, o voluntário lia o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE D) e preenchia, respondia o questionário demográfico, as

perguntas sobre antecedentes médicos, a escala SRQ-20 e o HADS, o inventário de Edimburgo e o questionário sobre habilidade manual e jogos. Após contato para agendamento da participação, no dia da coleta o voluntário preenchia uma versão impressa do TCLE, recebendo também uma cópia assinada, e fazia a avaliação cognitiva com o MoCA. Caso um valor abaixo do critério de corte fosse observado, o voluntário era avisado e o experimento era interrompido. Os demais questionários e testes aplicados nesta etapa (escalas de empatia e 9HPT) eram aplicados ou antes ou depois da realização das tarefas, de forma a permitir ajustar o tempo de preparo dos dois voluntários da dupla. Para a realização das tarefas, eram realizados o treinamento de uso do teclado, colocado a touca de fNIRS e calibrado o sinal, e depois era realizado o treinamento específico de familiarização com a tarefa. Após o treinamento, era realizada a tarefa contínua e, em seguida, o treinamento e a tarefa em blocos. Era aplicado o questionário pós-experimento e eventualmente os questionários que não tivessem sido preenchidos antes. Ao término era oferecido um lanche ao voluntário. Ao todo, a previsão da duração da participação era de duas horas.

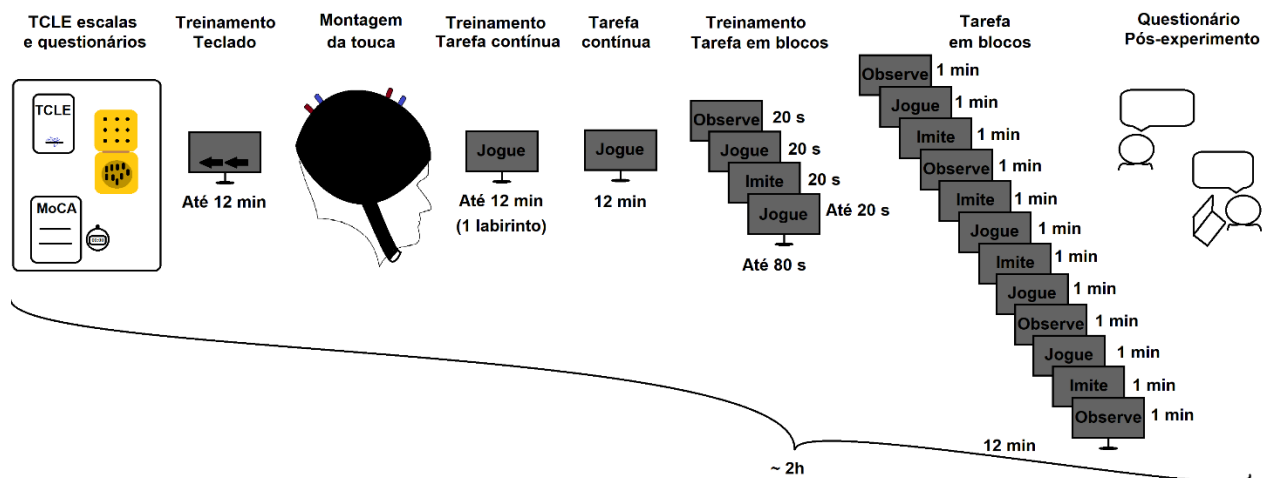


Figura 4: Esquema das etapas no dia do experimento

5.3 Atividade cerebral durante a tarefa cooperativa em blocos

5.3.1.1 Montagem da espectroscopia funcional no infravermelho próximo

Para avaliação da atividade cerebral durante a execução da tarefa cooperativa em blocos, foi utilizado um par de sistemas NIRSport (NIRx Medizintechnik GmbH, Berlim,

Alemanha) com optodos de LED, que permitiu a coleta sincronizada dos sinais dos dois participantes de cada dupla. Em cada participante, foram usados 8 optodos emissores, 7 optodos detectores de luz de ponta dupla. Também foram acoplados detectores de curta distância a cada uma das fontes de luz, posicionadas a 8 mm dos emissores, de forma a detectar sinais vasculares e artefatos (200). Estes sinais fisiológicos de curta distância permitem alternativas para melhor correção e filtragem dos sinais coletados, ao adicionar componentes principais desses canais ao modelo de regressão linear geralmente usado em análise de atividade cerebral (201). Desta forma, a montagem utilizada nas duplas foi conforme Figura 5; com 21 canais comuns e mais 8 canais de curta distância em cada voluntário. Essa montagem cobre as regiões do hemisfério direito, que incluem os giros frontais superior, médio e inferior, os giros pós e pré-centrais, e o regiões que formam a junção temporoparietal direita (principal região de interesse do estudo). A Tabela 1 mostra as regiões cobertas pela montagem utilizada de acordo com a reconstrução usando o programa fOLD (202).

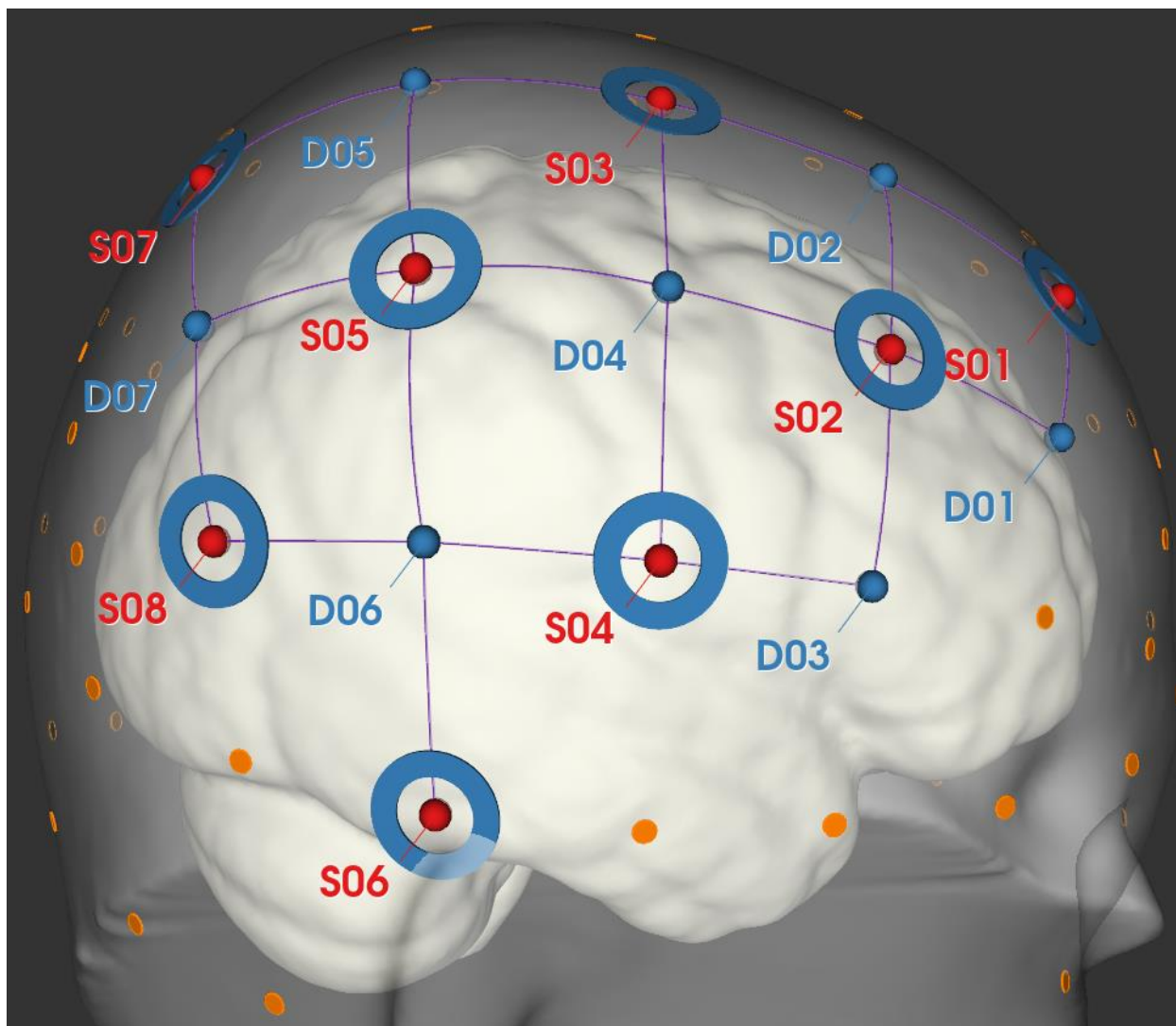


Figura 5: Posicionamento dos optodos no lado direito do escalpo. Fontes estão identificadas pela letra cor vermelha e pela letra S antes do número da fonte. Detectores estão em azul e são precedidos da letra D. A linha que conectam fontes e emissores indicam os canais formados. Círculos azuis indicam canais de curta distância.

Tabela 1: Tabela do posicionamento dos optodos e das regiões cerebrais medidas

Fonte	Detector	Posição da Fonte ¹	Posição do Detector ¹	Região medida ²	Especificidade
1	1	F2	F4	Giro Frontal Médio	62,1%
1	2	F2	FC2	Giro Frontal Superior	63,6%
2	1	FC4	F4	Giro Frontal Médio	78,3%
2	2	FC4	FC2	Giro Frontal Médio	70,6%
2	3	FC4	FC6	Giro Pré-central	43,8%

2	4	FC4	C4	Giro Pré-central	51,9%
3	2	C2	FC2	Giro Frontal Superior	54,9%
3	4	C2	C4	Giro Pré-central	52,3%
3	5	C2	CP2	Giro Pós-central	55,3%
4	3	C6	FC6	Giro frontal inferior	64,0%
4	4	C6	C4	Giro Supramarginal	47,3%
4	6	C6	CP6	Giro Supramarginal	55,7%
5	4	CP4	C4	Lóbulo Parietal Inferior	46,8%
5	5	CP4	CP2	Lóbulo Parietal Superior	47,3%
5	6	CP4	CP6	Lóbulo Parietal Inferior	39,8%
5	7	CP4	P4	Giro Angular	61,0%
6	6	TP8	CP6	Giro Temporal Médio	65,9%
7	5	P2	CP2	Lóbulo Parietal Superior	87,2%
7	7	P2	P4	Lóbulo Parietal Superior	37,8%
8	6	P6	CP6	Giro Temporal Médio	43,3%
8	7	P6	P4	Giro Angular	44,4%

¹De acordo com o sistema 10-20 (164,165)

²Regiões com base no atlas AAL2 (203,204)

5.3.1.2 Pré-processamento dos dados

Os dados foram pré-processados com MATLAB R2018a (MathWorks, Natick, Massachusetts, Estado Unidos América), utilizando o pacote NIRS Toolbox (também conhecido como NIRSAnalyze) (205). Inicialmente, os dados foram cortados para selecionar apenas o período experimental de 720s em cada tarefa (em blocos ou contínua). Foi feita a interpolação linear nos trechos em que houve saturação de sinal, utilizando os dados do canal nos tempos sem saturação para a interpolação. Em seguida, foi feita a detecção de canais ruins, adotando como critério o coeficiente de variação acima de 7,5; O coeficiente de variação é uma medida da relação ruído/sinal, obtido dividindo o desvio padrão da série temporal pela sua média. Valores maiores indicam maior presença de ruídos. Estes critérios de detecção de canais ruins seguem as recomendações do fabricante e já foram utilizados em publicações prévias do grupo (206). Dados que apresentaram uma perda de mais de 25% dos canais comuns (sem considerar os canais de curta distância) foram excluídos da análise.

Os sinais de cada comprimento de onda foram convertidos em concentração de oxi e de desoxihemoglobina a partir da lei modificada de Beer-Lambert, assumindo distância de 3 cm entre os optodos emissores e optodos detectores comuns, e de 8 mm

entre emissores e detectores de curta distância. Foram adotados os parâmetros de coeficientes de extinção molar tabulados por Prahl, com base nos dados de Gratzer e Kollias (207). Para o fator de comprimento de caminho diferencial, foi realizado um ajuste levando em consideração a idade do participante, de acordo com os valores proposto por Scholkmann e Wolf (208), conforme trabalhos prévios de nosso grupo (209).

5.4 Conectividade entre cérebros na tarefa cooperativa

Para estudar a conectividade entre cérebros e suas diferenças entre os tipos de duplas, a mesma montagem utilizada na tarefa em blocos foi utilizada na tarefa cooperativa contínua (seção 5.3.1.1). Para sincronia entre o jogo e os dados de fNIRS, o mesmo computador foi usado para aquisição de dados de fNIRS e para execução do jogo, de forma que marcadores (*triggers*) eram gerados internamente juntos aos dados de fNIRS, indicando o início do jogo, o início de cada labirinto jogado e o fim do jogo – da mesma forma que na tarefa em blocos.

5.4.1.1 Pré-processamento dos dados

Foram aplicados os mesmos pré-processamentos adotados para os dados na tarefa em blocos (seção 5.3.1.2), incluindo seleção do período experimental, interpolação linear de momentos de saturação de sinal, detecção de canais com baixa qualidade de sinal, exclusão de participantes com mais de 25% de canais com sinal cortical e conversão em concentração de oxi e desoxihemoglobina. Adicionalmente, para as análises de conectividade, foi aplicado um filtro de frequências, com um filtro passa-banda entre 0,01 e 0,1Hz, para reduzir artefatos de movimento de alta frequência, artefatos cardíacos e respiratórios e ruídos de baixa frequência. Foram criadas regiões de interesse (ROIs), com base no atlas AAL2, utilizado pelo NIRS toolbox, considerando todas as regiões do atlas cobertas pela montagem. Dessa forma, foram utilizadas 11 ROIs com os giros: frontal superior, frontal médio, pré-central, pós-central, giro angular, supramarginal, temporal superior, temporal médio, parietal inferior, parietal superior e occipital médio. Para a reconstrução das ROIs, o tamanho de touca utilizado pelos voluntários foi levado em consideração para corrigir a estimativa das regiões medidas por cada canal pelos diferentes tamanhos de cabeça. A partir dessa reconstrução, foram

gerados os pesos que seriam dados para cada canais para fazer o cálculo do sinal nas regiões de interesses. Como uma análise complementar, direcionada de forma mais específica para o efeito geral da junção temporoparietal, foram identificados os canais que cobrem essa região utilizando um *template* gerado pela plataforma de meta-análise automatizada Neurosyth (210), com a junção temporoparietal como palavra-chave (211). Esse *template* foi inserido no fOLD para gerar os canais que cobririam essa região com especificidade de ao menos 20%. A especificidade é determinada pela porcentagem da sensibilidade do canal para aquela região em relação a sensibilidade do canal para o cérebro) (202). Esse processo definiu que os canais da junção temporoparietal seriam os canais formados com o detector 6. O sinal da JTP foi a média desses canais. Considerando que os canais de curta distância não captam sinais corticais, eles não foram incluídos nesta análise.

5.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando os programas R 4,2,2 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria), Rstudio 2022,12,0 *Build* 353 (Posit PBC, Boston, Massachusetts, Estados Unidos da América), MATLAB R2018a (MathWorks, Natick, Massachusetts, Estado Unidos América), incluindo pacotes específicos para a análise de sinais de NIRS, como o NIRS Toolbox (também conhecido como NIRSAnalyze) (205). Foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$, sendo que nos casos das testes post-hoc ou das análises de fNIRS, foi usada a correção de *false-discovery rate* (FDR) para reduzir o aumento do erro tipo I devido à múltiplas comparações. O valor de significância adotado nos parece oferecer um bom balanço entre o erro tipo I e tipo II, sendo também um valor comumente adotado em estudos de fNIRS.

5.5.1 Casuística

Inicialmente, foi realizada a análise descritiva dos dados demográficos, de forma a caracterizar a amostra. Foram calculadas as médias, desvios padrão, medianas e intervalos interquartis, para perguntas numéricas, e as porcentagens, para perguntas categóricas. Em seguida, foram feitos testes estatísticos para verificar o pareamento

entre os grupos. Nesse sentido, avaliamos as diferenças demográficas os grupos etários e também as diferenças entre os participantes das duplas mistas com os demais participantes da sua faixa etária, ou seja, os que eram de duplas de mesma idade. Em outras palavras, foram comparados os idosos das duplas mistas e os idosos das duplas de idosos, assim como os jovens das duplas mistas com os jovens das duplas de jovens. Para as variáveis contínuas, foram usados testes de Wilcoxon para populações independentes, – considerando que os dados não necessariamente seguiriam a distribuição normal – enquanto para variáveis binárias ou multinomiais, foram usados testes chi-quadrado para comparar as proporções das respostas. Estes testes não foram corrigidos para múltiplas comparações, pois o foco era avaliar o pareamento, de forma que nos pareceu mais importante manter o erro tipo II baixo do que corrigir o de acordo com o erro tipo I, de forma a aumentar a chance de detectar fuga do pareamento.

5.5.2 Desempenho na tarefa cooperativa

Com base nas métricas objetivas de desempenho, foram utilizados testes de Kruskal-Wallis para comparar as médias entre os tipos de duplas, seguidos de testes *post hoc* de Wilcoxon. Esses testes não paramétricos evitam a suposição de normalidade – como uma métrica nunca usada de cooperação, não podemos assumir a distribuição normal. Além de avaliar as médias dessas métricas para cada dupla, para avaliar sua evolução, foi calculada a correlação linear dessas métricas com uma evolução linear sequencial (sequência de 1 em 1; iniciando em 1 até o número total de labirintos jogados na condição avaliada). Apenas foram incluídas duplas que jogaram ao menos 3 labirintos. Os valores de correlação passaram por uma transformada de Fisher, sendo convertidos em valores Z para comparação estatística. Foram usados testes t para uma amostra considerando todos os dados visando ver se havia evolução em cada métrica de forma geral. Também foram calculadas análises de variância (ANOVAs) para comparar a evolução do desempenho entre os diferentes tipos de duplas, com testes t de Student para amostras independentes como *post hoc*. Em cada teste *post hoc* foi aplicada a correção de FDR, para controlar para múltiplas comparações.

Para o questionário pós-experimento, que mediu o comportamento de forma subjetiva, foram realizados testes ANOVAs para avaliar o efeito dos tipos de duplas. Mais

especificamente, foi usado o teste qui-quadrado de Wald sobre modelos lineares de efeitos mistos, com participante e dupla sendo efeitos randômicos, dado que alguns participantes jogaram com mais de uma dupla. No caso das variáveis binárias, foram usados modelos lineares generalizados, com a distribuição binomial. As variáveis multinomiais foram subdivididas em variáveis binomiais, como no caso da pergunta sobre quem estava liderando, que admitia 5 opções, sendo cada uma das opções avaliadas como variáveis binárias.

5.5.3 Análise de atividade cerebral durante a tarefa cooperativa em blocos

Para avaliar a atividade cerebral durante a tarefa em blocos, foram utilizados métodos de regressão linear generalizada. Uma convolução da função da resposta hemodinâmica com uma função *boxcar* (que assume valor 1 nos momentos de tarefa, e 0 fora dela) para cada uma das condições de tarefa (Jogar e Imitar). A função de resposta hemodinâmica utilizada foi definida por tempo ao pico de 6 s, e tempo para o pico negativo de 16 s. Também foram incluídos no modelo os momentos de instrução de cada tipo de bloco, como variáveis separadas (instrução para observar, instrução para imitar, e instrução para jogar), considerando os 2 s que essas instruções apareciam na tela antes de cada tipo de bloco. A condição de observar foi utilizada como linha de base. Também foram incluídas variáveis para lidar com ruídos fisiológicos, geradas a partir dos sinais dos canais de curta distância. Para isso, os sinais dos canais de curta distância passam por um PCA de forma a reduzir a correlação que poderia haver entre os canais de curta distância. Este método se mostrou eficiente na remoção de artefatos fisiológicos (212). Foi utilizado o modelo robusto que combina autorregressão e mínimos quadrados iterativamente ponderados, que requer o uso do dado não filtrado, evitar a quebra de suposições desse modelo (213). Este método é uma forma estatística de lidar com artefatos que reduz subjetividade na escolha dos parâmetros usados em outros métodos de correção, e que oferece bons resultados ao lidar com artefatos (214). No nível de grupo foram utilizados modelos de regressão linear de efeitos mistos, novamente utilizando o método de regressão robusta. Foi realizado um modelo inicial sem separação dos tipos de duplas, para verificar efeitos comuns das tarefas propostas. Em seguida, foi feito o modelo que inclui o efeito dos 3 tipos de duplas (Duplas Mistas, Duplas de Idosos

e Duplas de Jovens) em cada condição. Em ambos os casos, participante e dupla foram usados como efeitos randômicos. Testes-t de Student avaliaram a média geral em cada condição, assim como as diferenças entre as condições, também comparando os tipos de duplas. Os p-valores foram corrigidos por múltiplas comparações, corrigindo pelo número de canais avaliados (correção de FDR).

5.5.4 Análise da conectividade entre cérebros

Na tarefa contínua, foi avaliada a conectividade entre cérebros. Para análise de conectividade entre cérebros, foi calculada a correlação de Spearman entre cada par de canais *standard* (canais com distância entre emissor e detector de cerca de 3cm – não foi feita esse cálculo para os canais de curta distância. A correlação de Spearman foi utilizada para evitar que eventuais *outliers* de correlação causados por ruídos nos dados tivessem um impacto grande na análise. Essa correlação foi então convertida em Z pela transformada de Fisher para que os dados tenham uma distribuição normal e possam ser realizados testes paramétricos no nível de grupo (semelhantes aos testes da atividade cerebral), comparando os tipos de duplas (215). A conectividade foi calculada por labirinto, considerando labirintos jogados por ao menos 50s. Foi aplicada defasagem de 8s em relação ao início de cada labirinto, para considerar a lentidão da resposta hemodinâmica – a correlação entre cérebros para cada labirinto foi calculada a partir dos 8 s daquele labirinto. Foram calculadas as médias das conectividades de cada dupla a partir das conectividades em cada labirinto. Também, ao avaliarmos a conectividade por labirinto, pudemos relacioná-la com o desempenho no labirinto e avaliar sua evolução no tempo, correlacionando os sinais medidos com uma sequência linear, para estudar a evolução da conectividade ao longo da tarefa. Foi utilizada a correlação de Pearson, de forma a medir a relação linear entre a conectividade e o desempenho, assim como avaliar a evolução linear da conectividade (correlação com sequência numérica de 1 até o total de labirintos jogados). Essas correlações foram também transformadas em Z pela transformada de Fisher.

No nível de grupo, foram utilizados testes-t de Student, para seguir o mesmo modelo da análise da atividade cerebral na tarefa em blocos, tanto avaliando a média geral, quanto a médias de cada grupo, e avaliando as diferenças entre os tipos de duplas

tomadas dois a dois. Para identificar as relações significativas entre conectividade e desempenho, também foram calculados testes-t de Student com as médias das correlações entre a conectividade e as métricas de desempenho, assim como com a evolução linear. Esses testes foram aplicados para todas as combinações de ROIs, e foi feita a correção de FDR considerando as 66 combinações das 11 ROIs.

6 RESULTADOS

6.1 Casuística

Foram adquiridos dados de 56 duplas, sendo 21 do grupo de jovens, 20 do grupo misto e 15 do grupo de idosos. Os detalhes dos dados demográficos dos participantes estão apresentados na Tabela 2. As duplas foram formadas por 93 voluntários, dado que 19 participaram 2 vezes jogando com pessoas diferentes, em um intervalo de ao menos 6 meses. Das 56 duplas, 7 tinham apenas um voluntário que estava participando pela segunda vez (3 duplas mistas, 2 duplas de jovens e 2 duplas de idosos), e 6 eram compostas por dois voluntários que estavam participando pela segunda vez (todas eram duplas mistas), e nas demais 43 duplas ambos estavam participando pela primeira vez. Em ambos os grupos (jovens e idosos), houve mais participantes do sexo feminino e com alto nível de escolaridade, apesar de que os jovens das duplas mistas tinham mais anos de escolaridade do que os jovens das duplas de jovens (jovens de DM: Mediana = 20 (IIQ = 4,2); jovens de DJ: mediana = 16,5 (IIQ = 3,7); $W = 574$; $p\text{-valor} = 0,020$). Os idosos tiveram mediana de idade de 67 (IIQ = 5) anos e os jovens de 26 (IIQ = 10,8), e os jovens das duplas mistas eram mais velhos que os das duplas de jovens (jovens de DM: Mediana = 29 (IIQ = 7,5); jovens de DJ: mediana = 25 (IIQ = 9); $W = 586,5$; $p\text{-valor} = 0,012$). Apesar do sexo estar pareado entre jovens e idosos e entre tipos de duplas, 75% das duplas mistas foram compostas por participantes do mesmo sexo, enquanto as duplas de mesmo sexo foram 57% nas duplas de jovens e 40% nas duplas de idosos. Em todos os casos, predominaram as duplas femininas (48% do total de duplas), sendo 60% das duplas mistas, 48% das duplas de jovens e 33% das duplas de idosos.

Tabela 2: Dados demográficos e pontuações nos questionários e escalas. São destacadas as diferenças entre os participantes jovens das duplas jovens e das duplas mistas, com relação à idade e aos anos de escolaridade. Também, destacam-se as diferenças entre participantes jovens e participantes idosos quanto aos questionários de saúde (SRQ e HADS - Ansiedade), teste motor (9HPT), avaliação cognitiva (MoCA) e questionários de empatia.

Duplas Mistadas		Duplas de Idosos	Duplas de Jovens	Total	
idoso	jovem	idoso	jovem	idoso	jovem

	(N=20)	(N=20)	(N=30)	(N=42)	(N=50)	(N=62)
Sexo						
Feminino	15 (75,0%)	14 (70,0%)	19 (63,3%)	29 (69,0%)	34 (68,0%)	43 (69,4%)
Masculino	5 (25,0%)	6 (30,0%)	11 (36,7%)	13 (31,0%)	16 (32,0%)	19 (30,6%)
Idade						
Média (DP)	67,4 (4,0)	29,1 (4,8)	66,6 (4,4)	25,2 (5,6)	66,9 (4,2)	26,5 (5,6)
Mediana [Mín; Máx]	67,0 [60; 74]	29,0 [20; 35] *	66,5 [60; 75]	25,0 [17; 35] *	67,0 [60; 75]	26,0 [17; 35]
Anos de escolaridade						
Média (DP)	19,3 (4,8)	19,4 (2,9)	18,0 (3,7)	17,3 (4,2)	18,5 (4,2)	18,0 (3,9)
Mediana [Mín; Máx]	19,0 [11; 30]	20,0 [13; 23] *	17,0 [14; 30]	16,5 [12; 26] *	17,3 [11; 30]	18,0 [12; 26]
HADS: Ansiedade						
Média (DP)	2,9 (1,9)	4,2 (3,5)	2,9 (2,0)	4,1 (2,0)	2,9 (2,0)	4,1 (2,5)
Mediana [Mín; Máx]	4,0 [0; 5]	3,5 [0; 16]	2,0 [0; 7]	4,0 [1; 8]	2,5 [0; 7] *	4,0 [0; 16] *
HADS: Depressão						
Média (DP)	3,2 (2,4)	3,2 (3,2)	3,0 (2,0)	2,2 (1,5)	3,1 (2,1)	2,5 (2,2)
Mediana [Mín; Máx]	3,0 [0; 7]	2,0 [0; 12]	3,0 [0; 8]	2,0 [0; 6]	3,0 [0; 8]	2,0 [0; 12]
SRQ-20						
Média (DP)	0,6 (0,8)	2,4 (2,9)	1,1 (1,6)	1,8 (1,8)	0,9 (1,4)	2,0 (2,2)
Mediana [Mín; Máx]	0 [0; 3]	1,0 [0; 11]	0,5 [0; 6]	1,0 [0; 6]	0 [0; 6] *	1,0 [0; 11] *
Quociente de lateralidade						
Média (DP)	95,4 (14,2)	86,0 (17,7)	92,9 (14,6)	84,4 (17,4)	93,9 (14,3)	84,9 (17,4)
Mediana [Mín; Máx]	100 [54; 100]	91 [43; 100]	100 [43; 100]	82 [43; 100]	100 [43; 100] *	82 [43; 100] *
MoCA						
Média (DP)	27,0 (1,7)	28,0 (1,3)	26,3 (2,0)	28,0 (1,4)	26,5 (1,9)	28,0 (1,3)
Mediana [Mín; Máx]	27,0 [24; 30]	28,0 [25; 30]	26,0 [23; 30]	28,0 [24; 30]	27,0 [23; 30] *	28,0 [24; 30] *
9HPT: Direita						
Média (DP)	20,1 (1,7)	17,9 (2,0)	19,9 (2,4)	18,0 (2,3)	20,0 (2,1)	18,0 (2,2)
Mediana [Mín; Máx]	20,5 [17,3; 23,4]	17,8 [14,5; 22,7]	20,1 [15,6; 25,1]	17,9 [13,8; 23,8]	20,2 [15,6; 25,1] *	17,9 [13,8; 23,8] *
9HPT: Esquerda						
Média (DP)	23,0 (3,2)	19,5 (1,8)	23,5 (3,3)	19,8 (2,3)	23,3 (3,3)	19,7 (2,1)
Mediana [Mín; Máx]	22,8 [17,7; 30,1]	19,6 [17,2; 22,9]	23,5 [18,6; 30,0]	19,4 [13,8; 24,7]	23,2 [17,7; 30,1] *	19,5 [13,8; 24,7] *
9HPT: Média						
Média (DP)	21,6 (2,1)	18,7 (1,4)	21,7 (2,3)	18,9 (2,0)	21,7 (2,2)	18,8 (1,8)
Mediana [Mín; Máx]	21,4 [17,7; 26,8]	18,7 [16,0; 22,5]	22,2 [17,4; 25,4]	18,6 [15,1; 23,1]	21,6 [17,4; 26,8] *	18,6 [15,1; 23,1] *
QE: Empatia cognitiva						
Média (DP)	4,2 (1,9)	5,0 (3,2)	4,9 (2,7)	5,3 (2,3)	4,6 (2,5)	5,2 (2,6)
Mediana [Mín; Máx]	4,0 [0; 8]	3,5 [1; 10]	4,0 [1; 10]	4,5 [1; 10]	4,0 [0; 10]	4,0 [1; 10]
QE: Habilidades sociais						
Média (DP)	6,1 (2,2)	6,8 (2,2)	6,8 (2,2)	6,8 (2,2)	6,5 (2,2)	6,8 (2,2)
Mediana [Mín; Máx]	6,0 [1; 10]	7,0 [2; 10]	7,0 [3; 10]	7,0 [2; 10]	7,0 [1; 10]	7,0 [2; 10]
QE: Reatividade emocional						

Média (DP)	6,0 (2,0)	7,3 (2,0)	6,5 (2,1)	6,7 (2,3)	6,3 (2,0)	6,9 (2,2)
Mediana [Mín; Máx]	6,5 [1; 9]	8,0 [2; 10]	7,0 [2; 10]	7,0 [1; 10]	7,0 [1; 10]	7,0 [1; 10]
QE: Dificuldades empáticas						
Média (DP)	5,8 (2,1)	7,2 (2,8)	5,8 (2,7)	6,8 (2,6)	5,8 (2,4)	6,9 (2,6)
Mediana [Mín; Máx]	6,0 [1; 10]	8,0 [1; 12]	5,5 [0; 12]	6,5 [0; 12]	6,0 [0; 12] *	7,0 [0; 12] *
QE: Total						
Média (DP)	22,1 (6,1)	26,4 (8,2)	23,9 (7,6)	25,5 (7,4)	23,2 (7,0)	25,8 (7,6)
Mediana [Mín; Máx]	21,5 [9; 34]	26,5 [13; 42]	24,0 [11; 38]	25,0 [10; 40]	23,0 [9; 38]	25,5 [10; 42]
IRI: Tomada de perspectiva						
Média (DP)	19,5 (4,9)	20,4 (3,3)	19,2 (4,0)	21,4 (3,8)	19,3 (4,3)	21,0 (3,7)
Mediana [Mín; Máx]	19,5 [10; 27]	21,0 [14; 26]	20,0 [12; 28]	22,0 [13; 28]	20,0 [10; 28] *	22,0 [13; 28] *
IRI: Consideração empática						
Média (DP)	22,0 (4,8)	20,8 (3,6)	20,9 (4,2)	19,4 (4,6)	21,4 (4,4)	19,8 (4,3)
Mediana [Mín; Máx]	24,5 [11; 28]	20,5 [16; 28]	20,5 [12; 28]	21,0 [9; 28]	21,0 [11; 28]	21,0 [9; 28]
IRI: Angústia pessoa						
Média (DP)	11,0 (4,35)	13,6 (4,2)	12,7 (5,4)	12,6 (4,6)	12,0 (5,1)	12,9 (4,5)
Mediana [Mín; Máx]	12,0 [4; 20]	13,5 [6; 23]	12,5 [4; 28]	11,5 [3; 21]	12,0 [4; 28]	12,0 [3; 23]
IRI: Total						
Média (DP)	52,5 (8,5)	54,7 (6,7)	52,9 (9,2)	53,3 (6,8)	52,7 (8,9)	53,8 (6,7)
Mediana [Mín; Máx]	51,5 [32; 66]	53,0 [46; 71]	52,5 [39; 84]	53,5 [37; 67]	52,0 [32; 84]	53,0 [37; 71]
Inventário de empatia: Tomada de perspectiva						
Média (DP)	41,9 (7,3)	45,4 (5,4)	43,5 (6,7)	46,4 (6,7)	42,8 (6,9)	46,0 (6,3)
Mediana [Mín; Máx]	40,0 [31; 60]	46,0 [32; 54]	44,5 [29; 56]	46,0 [33; 59]	41,0 [29; 60] *	46,0 [32; 59] *
Inventário de empatia: Flexibilidade interpessoal						
Média (DP)	35,0 (3,3)	34,0 (5,9)	33,5 (5,9)	34,7 (5,9)	34,1 (5,0)	34,5 (5,9)
Mediana [Mín; Máx]	35,0 [27; 41]	34,0 [21; 42]	34,5 [20; 46]	35,0 [23; 48]	35,0 [20; 46]	35,0 [21; 48]
Inventário de empatia: Altruísmo						
Média (DP)	29,7 (3,5)	33,4 (5,3)	30,1 (5,2)	33,2 (5,7)	30,0 (4,5)	33,3 (5,5)
Mediana [Mín; Máx]	29,0 [22; 37]	33,0 [24; 41]	29,5 [22; 44]	33,5 [21; 45]	29,0 [22; 44] *	33,0 [21; 45] *
Inventário de empatia: Sensibilidade afetiva						
Média (DP)	37,6 (4,3)	38,5 (2,7)	37,6 (3,3)	38,6 (4,1)	37,6 (3,7)	38,6 (3,7)
Mediana [Mín; Máx]	37,0 [31; 44]	39,0 [34; 43]	37,0 [32; 44]	38,5 [29; 45]	37,0 [31; 44]	39,0 [29; 45]
Inventário de empatia: Total						
Média (DP)	144 (13,1)	151 (12,1)	145 (14,1)	153 (16,5)	144 (13,5)	152 (15,1)
Mediana [Mín; Máx]	144 [121; 170]	153 [130; 178]	144 [121; 167]	152 [125; 192]	144 [121; 170] *	153 [125; 192] *

DP: Desvio Padrão. Mín: Mínimo. Máx: Máximo. HADS: *Hospital Anxiety and Depression Scale*. SRQ: *Self Report Questionnaire*. MoCA: *Montreal Cognitive Assessment*. 9HPT: *9-Hole Peg Test*. QE: Quociente de empatia IRI: Escala Multidimensional de Reatividade (do inglês *Interpersonal Reactivity Index*).

Nota – Valores em negrito e marcados com * indicam diferença entre os grupos ($p < 0,05$), de acordo com as colunas destacadas: valores destacados na coluna “Total” indicam diferença entre faixas etárias; valores destacados nas colunas dos tipos de dupla indicam diferença entre os participantes daquela faixa etária nas duplas mistas e nas duplas de pessoas somente daquela faixa etária.

Seguindo com os resultados da Tabela 2, de forma geral, os idosos foram mais lentos na tarefa do 9HPT (idosos: mediana = 21,6 (IIQ = 2,9); jovens: mediana = 18,6 (IIQ = 2,0); $W=2.580$; $p < 0,001$). Isso também foi observado para a mão esquerda (idosos: mediana = 23,2 (IIQ = 3,6); jovens: mediana = 19,5 (IIQ = 3,3); $W=2.558$; $p < 0,001$), e para a mão direita (idosos: mediana = 20,2 (IIQ = 2,7); jovens: mediana = 17,9 (IIQ = 2,2); $W=2.361$; $p < 0,001$). Idosos apresentaram maior dominância manual direita no inventário de Edimburgo (idosos: mediana = 100 (IIQ = 0); jovens: mediana = 81,8 (IIQ = 20,0); $W = 2.069$; p -valor $< 0,001$). Os idosos também tiveram menores pontuações no MoCA, apesar de que a diferença entre medianas ser de apenas um ponto (idosos: mediana = 27 (IIQ = 3); jovens: mediana = 28 (IIQ = 2); $W = 861,5$; p -valor $< 0,001$). Esse grupo também apresentou melhores índices de saúde de acordo com a escalada de ansiedade da HADS (idosos: mediana = 2,5 (IIQ = 3); jovens: mediana = 4 (IIQ = 4); $W = 1.084,5$; p -valor $< 0,001$), e com o SRQ-20 (idosos: mediana = 0 (IIQ = 1); jovens: mediana = 1 (IIQ = 3); $W = 1.048,5$; p -valor = 0,002); Adicionalmente, os idosos apresentaram menor empatia de acordo com o Inventário de Empatia (idosos: mediana = 144 (IIQ = 21,5); jovens: mediana = 153 (IIQ = 18,8); $W = 1.098,5$; p -valor = 0,008). Mais especificamente, menor altruísmo (idosos: mediana = 29 (IIQ = 6); jovens: mediana = 33 (IIQ = 9); $W = 992$; p -valor = 0,001) e menor tomada de perspectiva (idosos: mediana = 41 (IIQ = 10); jovens: mediana = 46 (IIQ = 6,8); $W = 1.117,5$; p -valor = 0,011). Também eram menos empáticos de acordo com as subescalas de dificuldades empáticas do quociente de empatia de Baron-Cohen (idosos: mediana = 6 (IIQ = 2,8); jovens: mediana = 7 (IIQ = 2,8); $W = 1.170$; p -valor = 0,025) e da tomada de perspectiva da escala multidimensional de reatividade interpessoal de Davis (idosos: mediana = 20 (IIQ = 5); jovens: mediana = 22 (IIQ = 2,8); $W = 1.132,5$; p -valor = 0,014).

A Tabela 3 apresenta o resumo dos resultados do questionário de habilidade manual e jogos. Os jovens reportaram mais horas em computador (idosos: mediana = 2 (IIQ = 4,1); jovens: mediana = 6 (IIQ = 5); $W = 848$; p -valor $< 0,001$). Também mostraram maior uso de celular (idosos: mediana = 2,5 (IIQ = 1); jovens: mediana = 4 (IIQ = 2); $W = 913,5$; p -valor $< 0,001$). Entretanto, não houve diferenças em horas de jogos por dia (idosos: mediana = 0 (IIQ = 1); jovens: mediana = 0 (IIQ = 0,5); $W = 1.471$; p -valor = 0,613). Além disso, os idosos tiveram menores escores nas pontuações subjetivas de

habilidade em jogos (idosos: mediana = 4,5 (IIQ = 5,8); jovens: mediana = 7 (IIQ = 3); $W = 774,5$; p -valor $< 0,001$) e habilidade com teclado (idosos: mediana = 7,8 (IIQ = 1,8); jovens: mediana = 9 (IIQ = 2); $W = 903,5$; p -valor $< 0,001$). O uso de interfaces para jogos também se mostrou diferente entre os grupos etários (Qui-quadrado = 15,1, p -valor = 0,006), com o touchscreen sendo o mais usado pelos jovens (idosos: usado por 12 (24,0%); jovens: usado por 32 (51,6%); Qui-quadrado = 8,8; p -valor = 0,004). Os jovens também reportaram maior uso de controles (idosos: usado por 0 (0%); jovens: usado por 18 (29,0%); Qui-quadrado = 17,3; p -valor $< 0,001$) e de movimentação do console (idosos: usado por 0 (0%); jovens: usado por 7 (11,3%); Qui-quadrado = 6,0; p -valor = 0,016), enquanto a maioria dos idosos disse que não tinha hábito de jogar jogos eletrônicos (idosos: usado por 27 (54,0%); jovens: usado por 21 (33,9%); Qui-quadrado = 4,6; p -valor = 0,036). Por outro lado, ambos os grupos não parecem ser muito ativos em jogos, dado que mais de um terço dos jovens também indicou não ter hábito de jogar, e ambos os grupos reportaram poucas horas por dia dedicadas a jogos. Não houve diferenças entre os idosos das duplas de idosos e os das duplas mistas, nem entre jovens das duplas de jovens e jovens das duplas mistas em nenhum dos itens.

Tabela 3: Respostas para o questionário de habilidades manuais e jogos. São destacadas as diferenças entre indivíduos idosos e jovens.

	Duplas Mistas		Duplas de Idosos	Duplas de Jovens	Total	
	idoso (N=20)	jovem (N=20)	idoso (N=30)	jovem (N=42)	idoso (N=50)	jovem (N=62)
Uso de celular ou tablet (Horas/dia)						
Média (DP)	3,0 (2,0)	4,0 (2,2)	2,9 (2,2)	4,3 (2,2)	2,9 (2,1)	4,2 (2,2)
Mediana [Mín; Máx]	2,5 [1,0; 10]	3,8 [1,5; 10]	2,5 [0; 10]	4,0 [2,0; 12]	2,5 [0,0; 10] *	4,0 [1,5; 12] *
Uso de computador (Horas/dia)						
Média (DP)	2,8 (2,4)	5,6 (3,4)	2,8 (2,9)	5,2 (3,0)	2,8 (2,7)	5,3 (3,1)
Mediana [Mín; Máx]	2,0 [0; 8,0]	6,0 [0; 10]	2,0 [0; 10]	6,0 [0; 12]	2,0 [0; 10] *	6,0 [0; 12] *
Jogos eletrônicos (Horas/dia)						
Média (DP)	1,1 (3,3)	0,7 (1,3)	0,4 (0,6)	0,6 (1,0)	0,7 (2,1)	0,6 (1,1)
Mediana [Mín; Máx]	0 [0; 15]	0,1 [0; 5,0]	0 [0; 2,0]	0 [0; 5,0]	0 [0; 15,0]	0 [0; 5,0]
Habilidade de uso do teclado						
Média (DP)	7,6 (1,4)	8,9 (1,4)	7,4 (1,5)	8,3 (1,3)	7,4 (1,4)	8,5 (1,3)
Mediana [Mín; Máx]	8,0 [5,0; 10]	9,5 [6,0; 10]	7,3 [4,0; 10]	8,8 [5,0; 10]	7,8 [4,0; 10] *	9,0 [5,0; 10] *

Habilidade em jogos eletrônicos

Média (DP)	3,9 (3,0)	6,6 (2,3)	3,8 (3,1)	6,2 (2,6)	3,8 (3,0)	6,3 (2,5)
Mediana [Mín; Máx]	5,0 [0; 10,0]	7,0 [2,0; 10]	4,0 [0; 10]	7,0 [0; 10]	4,5 [0; 10] *	7,0 [0; 10] *

Interface que mais usa para jogos

Teclado	0 (0%)	0 (0%)	3 (10,0%)	1 (2,4%)	3 (6,0%)	1 (1,6%)
Gamepad/Controle	0 (0%)	1 (5,0%)	0 (0%)	4 (9,5%)	0 (0%)	5 (8,1%)
Mouse	3 (15,0%)	2 (10,0%)	5 (16,7%)	3 (7,1%)	8 (16,0%)	5 (8,1%)
Touchscreen	7 (35,0%)	9 (45,0%)	5 (16,7%)	15 (35,7%)	12 (24,0%)	24 (38,7%)
Movimentação	0 (0%)	1 (5,0%)	0 (0%)	4 (9,5%)	0 (0%)	5 (8,1%)
Nenhuma	10 (50,0%)	7 (35,0%)	17 (56,7%)	15 (35,7%)	27 (54,0%) *	22 (35,5%) *

Interfaces utilizadas em jogos

Teclado	3 (15,0%)	3 (15,0%)	6 (20,0%)	11 (26,2%)	9 (18,0%)	14 (22,6%)
Gamepad/Controle	0 (0%)	5 (25,0%)	0 (0%)	13 (31,0%)	0 (0%) *	18 (29,0%) *
Mouse	4 (20,0%)	3 (15,0%)	7 (23,3%)	10 (23,8%)	11 (22,0%)	13 (21,0%)
Touchscreen	7 (35,0%)	11 (55,0%)	5 (16,7%)	21 (50,0%)	12 (24,0%) *	32 (51,6%) *
Movimentação	0 (0%)	1 (5,0%)	0 (0%)	6 (14,3%)	0 (0%) *	7 (11,3%) *
Outra	0 (0%)	2 (10,0%)	0 (0%)	3 (7,1%)	0 (0%)	5 (8,1%)
Nenhuma	10 (50,0%)	7 (35,0%)	17 (56,7%)	14 (33,3%)	27 (54,0%) *	21 (33,9%) *

DP: Desvio Padrão. Mín: Mínimo. Máx: Máximo.

Nota – Valores em negrito e marcados com * indicam diferença entre os grupos ($p < 0,05$), de acordo com as colunas destacadas: valores destacados na coluna "Total" indicam diferença entre faixas etárias; valores destacados nas colunas dos tipos de dupla indicam diferença entre os participantes daquela faixa etária nas duplas mistas e nas duplas de pessoas somente daquela faixa etária. No caso da interface que mais usa para jogos, apenas um teste foi feito, considerando todas as possíveis alternativas de resposta, por isso todas estão em negrito, mas apenas um asterisco é apresentado.

6.2 Desempenho das duplas na tarefa cooperativa

De forma geral, os voluntários gostaram do jogo proposto no estudo, sendo que 71,4% (80 voluntários) disseram que sim, sem nenhuma ressalva, 17,9% (20 voluntários) disseram que sim, mas colocando alguma ressalva (sugeriram alguma alteração, ou indicaram algo que não gostaram muito, apesar de terem gostado de forma geral), e apenas 10,7% (12 voluntários) reportaram algo que acharam "mais ou menos" ou que não gostaram do jogo. Alinhado com isso, a nota média dada para o jogo pelos participantes foi 8,0 (DP = 1,7), e a nota de desconforto foi 1,9 (DP = 2,4) em escalas de 0 a 10; Apenas 1 participante respondeu que não recomendaria este estudo a um amigo (Tabela 4).

Tabela 4: Respostas ao questionário pós-experimento. Destacam-se os efeitos de tipo de dupla e/ou de faixa etária, para a facilidade de controlar o jogo, para as notas

subjetivas de desempenho e entrosamento e para a percepção de quem estava liderando.

	Duplas Mistas		Duplas de Idosos		Duplas de Jovens		Total	
	idoso (N=20)	jovem (N=20)	idoso (N=30)	jovem (N=42)	idoso (N=50)	jovem (N=62)		
Foi fácil controlar o jogo?								
Não	12 (60,0%)	1 (5,0%)	18 (60,0%)	13 (31,0%)	30 (60,0%) *	14 (22,6%) *		
Sim	8 (40,0%)	19 (95,0%)	12 (40,0%)	29 (69,0%)	20 (40,0%)	48 (77,4%)		
Nota de facilidade no Uso do teclado								
Média (DP)	7,2 (1,2)	7,9 (1,3)	6,8 (1,2)	7,2 (1,7)	7,0 (1,2)	7,5 (1,6)		
Mediana [Mín; Máx]	7,8 [5,0; 10]	8,0 [5,0; 10]	7,0 [4,0; 9,0]	8,0 [3,0; 10]	7,0 [4,0; 10]	8,0 [3,0; 10]		
Nota individual na tarefa contínua								
Média (DP)	6,8 (0,9)	7,2 (1,2)	6,8 (1,3)	6,9 (1,0)	6,8 (1,1)	7,0 (1,0)		
Mediana [Mín; Máx]	7,0 [5,0; 8,0]	7,3 [4,0; 9,0]	7,0 [4,0; 10,]	7,0 [5,0; 9,0]	7,0 [4,0; 10]	7,0 [4,0; 9,0]		
Nota individual na tarefa em blocos								
Média (DP)	6,1 (1,0)	6,9 (1,5)	5,8 (1,7)	6,7 (1,4)	5,9 (1,5)	6,7 (1,4)		
Mediana [Mín; Máx]	6,0 [4,5; 8,0]	7,0 [4,0; 9,0]	6,0 [0; 8,0]	7,0 [3,0; 9,0]	6,0 [0; 8,0]	7,0 [3,0; 9,0]		
Nota individual na condição de imitação								
Média (DP)	4,8 (1,9)	4,9 (1,8)	4,5 (1,7)	5,0 (1,8)	4,6 (1,8)	5,0 (1,8)		
Mediana [Mín; Máx]	5,0 [0; 8,0]	5,0 [0; 7,0]	5,0 [1,0; 7,0]	5,0 [1,0; 9,0]	5,0 [0; 8,0]	5,0 [0; 9,0]		
Nota individual na condição de jogo na tarefa em blocos								
Média (DP)	6,8 (1,1)	7,6 (1,0)	6,7 (1,4)	7,6 (1,0)	6,7 (1,3) *	7,6 (1,0) *		
Mediana [Mín; Máx]	7,0 [5,0; 9,0]	8,0 [5,0; 9,0]	7,0 [4,0; 10]	8,0 [5,0; 9,0]	7,0 [4,0; 10]	8,0 [5,0; 9,0]		
Nota do colega na tarefa contínua								
Média (DP)	7,7 (1,0) *	6,7 (1,5) *	7,0 (1,5) *	7,3 (1,0) *	7,2 (1,4) *	7,1 (1,2) *		
Mediana [Mín; Máx]	8,0 [5,0; 9,0]	7,0 [3,0; 9,0]	7,0 [3,0; 10]	7,3 [4,0; 9,0]	7,0 [3,0; 10]	7,0 [3,0; 9,0]		
Nota do colega no jogo na tarefa em blocos								
Média (DP)	7,5 (0,9) *	6,9 (1,9) *	6,6 (1,4) *	7,7 (1,1) *	7,0 (1,31)	7,4 (1,5)		
Mediana [Mín; Máx]	8,0 [5,0; 9,0]	7,0 [3,0; 9,0]	7,0 [3,0; 9,0]	8,0 [4,0; 9,0]	7,0 [3,0; 9,0]	8,0 [3,0; 9,0]		
Nota da dupla na tarefa contínua								
Média (DP)	7,3 (0,8)	7,2 (1,4)	6,8 (1,1)	7,3 (0,9)	7,0 (1,1)	7,3 (1,1)		
Mediana [Mín; Máx]	7,5 [5,0; 8,0]	7,0 [5,0; 10]	7,0 [4,0; 9,0]	7,0 [5,0; 9,0]	7,0 [4,0; 9,0]	7,0 [5,0; 10]		
Nota da dupla no jogo na tarefa em blocos								
Média (DP)	7,0 (0,8)	7,1 (1,8)	6,6 (1,0)	7,7 (1,0)	6,7 (1,0)	7,5 (1,3)		
Mediana [Mín; Máx]	7,0 [5,0; 8,0]	7,0 [4,0; 10]	7,0 [4,0; 8,0]	8,0 [5,0; 9,0]	7,0 [4,0; 8,0]	8,0 [4,0; 10]		
Nota para entrosamento na tarefa contínua								
Média (DP)	7,8 (1,4) *	6,8 (1,8) *	7,0 (1,8) *	7,1 (1,3) *	7,3 (1,7) *	7,0 (1,5) *		
Mediana [Mín; Máx]	8,0 [4,0; 10]	7,0 [4,0; 10]	7,3 [1,0; 10]	7,0 [5,0; 10]	8,0 [1,0; 10]	7,0 [4,0; 10]		
Nota para entrosamento na tarefa em blocos								
Média (DP)	7,4 (1,4)	7,0 (1,7)	6,9 (1,6)	7,6 (1,4)	7,1 (1,6)	7,4 (1,5)		

Mediana [Mín; Máx]	7,0 [4,0; 10]	7,5 [4,0; 10]	7,0 [1,0; 9,0]	8,0 [5,0; 10]	7,0 [1,0; 10]	8,0 [4,0; 10]
Quem liderou a tarefa?						
Ambos	11 (55,0%)	12 (60,0%)	15 (50,0%)	33 (78,6%)	26 (52,0%)	45 (72,6%)
Colega	5 (25,0%) *	2 (10,0%) *	2 (6,7%) *	2 (4,8%) *	7 (14,0%) *	4 (6,5%) *
Nenhum	3 (15,0%) *	2 (10,0%) *	9 (30,0%) *	4 (9,5%) *	12 (24,0%) *	6 (9,7%) *
Não sei dizer	1 (5,0%)	0 (0%)	2 (6,7%)	1 (2,4%)	3 (6,0%)	1 (1,6%)
Eu	0 (0%)	4 (20,0%)	2 (6,7%)	2 (4,8%)	2 (4,0%)	6 (9,7%)
Porcentagem do tempo em que liderou na tarefa contínua						
Média (DP)	36,5 (24,1)	52,5 (21,8)	41,8 (29,8)	46,4 (16,2)	39,7 (27,6) *	48,4 (18,2) *
Mediana [Mín; Máx]	50,0 [0; 70,0]	55,0 [0; 100]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 70,0]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 100]
Porcentagem do tempo em que liderou na tarefa em blocos						
Média (DP)	36,0 (24,1)	49,8 (21,2)	37,7 (26,5)	45,2 (16,9)	37,0 (25,4) *	46,7 (18,4) *
Mediana [Mín; Máx]	45,0 [0; 70,0]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 70,0]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 100]
Porcentagem do tempo que sua dupla liderou na tarefa contínua						
Média (DP)	52,0 (28,2)	42,5 (20,6)	38,2 (30,0)	45,9 (16,0)	43,7 (29,8)	44,8 (17,5)
Mediana [Mín; Máx]	50,0 [0; 100]	40,0 [0; 75,0]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 70,0]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 75,0]
Porcentagem do tempo que sua dupla liderou na tarefa em blocos						
Média (DP)	53,0 (27,9)	45,3 (20,6)	39,7 (29,0)	46,1 (17,0)	45,0 (29,0)	45,8 (18,1)
Mediana [Mín; Máx]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 80,0]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 80,0]	50,0 [0; 100]	50,0 [0; 80,0]
Nota para o jogo						
Média (DP)	8,3 (1,2)	7,7 (1,6)	8,0 (1,9)	7,9 (1,8)	8,1 (1,6)	7,9 (1,8)
Mediana [Mín; Máx]	8,0 [6,0; 10]	8,0 [4,0; 10]	8,0 [1,0; 10]	8,25 [3,0; 10]	8,0 [1,0; 10]	8,0 [3,0; 10]
Nota para desconforto						
Média (DP)	2,3 (2,5)	2,2 (2,6)	1,7 (2,6)	1,7 (2,2)	1,9 (2,6)	1,9 (2,3)
Mediana [Mín; Máx]	2,0 [0; 8,0]	1,5 [0; 9,0]	0 [0; 8,0]	1,0 [0; 8,0]	0 [0; 8,0]	1,0 [0; 9,0]
Indicaria o estudo para um amigo?						
Sim	20 (100%)	20 (100%)	30 (100%)	41 (97,6%)	50 (100%)	61 (98,4%)
Não	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (2,4%)	0 (0%)	1 (1,6%)

DP: Desvio Padrão. Mín: Mínimo. Máx: Máximo.

Nota – Valores em negrito e marcados com * indicam diferença entre os grupos ($p < 0,05$), de acordo com as colunas destacadas: valores destacados na coluna "Total" indicam efeito de faixa etária na ANOVA; valores destacados nas colunas dos tipos de dupla indicam efeito do tipo de dupla na ANOVA.

Em relação à percepção subjetiva sobre as tarefas realizadas (Tabela 4), os idosos indicaram maior dificuldade em conseguir controlar o jogo, sendo que 60,0% (30 voluntários) dos idosos disseram que não foi fácil, comparados com 22,6% (14 voluntários) dos jovens ($\text{Qui-quadrado}(1) = 8,4$; $p\text{-valor} = 0,004$). Porém, não houve diferença entre a nota dada para a facilidade de uso do teclado para controlar o jogo entre os grupos etários (idosos: média = 7,0 (DP = 1,2); jovens: média = 7,5 (DP = 1,6); $\text{Qui-quadrado}(1) = 2,4$; $p\text{-valor} = 0,118$), conforme apresentado na Tabela 4.

Quando pedidos para darem uma nota de 0 a 10 para seu desempenho (Tabela 4), desempenho do (a) colega, desempenho da dupla, e entrosamento da dupla em cada uma das condições experimentais, os participantes reportaram notas menores para o desempenho durante a imitação do que na condição de jogo (imitação: 4,8 (DP = 1,8); jogo: média = 7,2 (DP = 1,2); $t(111) = -16,2$; p -valor < 0,001 – teste pareado *post-hoc*). Idosos se deram notas individuais menores durante a interação da tarefa em blocos (idosos: média = 6,7 (DP = 1,3); jovens: média = 7,6 (DP = 1,0); Qui-quadrado(1) = 5,8; p -valor = 0,016). Por outro lado, os idosos deram notas maiores para os colegas na tarefa contínua (idosos: média = 7,2 (DP = 1,4); jovens: média = 7,1 (DP = 1,2); Qui-quadrado(1) = 6,65; p -valor = 0,010). Os idosos também atribuíram notas maiores para o entrosamento da dupla na tarefa contínua (idosos: média = 7,3 (DP = 1,7); jovens: média = 7,0 (DP = 1,5); Qui-quadrado(1) = 8,2; p -valor = 0,004). Quanto aos tipos de duplas, DI atribuíram menores notas aos colegas tanto na tarefa contínua (DI: média = 7,0 (DP = 1,5); DM: média = 7,2 (DP = 1,3); DJ: média = 7,3 (DP = 1,0); Qui-quadrado(2) = 8,7; p -valor = 0,013), quanto na tarefa em blocos (DI: média = 6,6 (DP = 1,4); DM: média = 7,2 (DP = 1,5); DJ: média = 7,7 (DP = 1,1); Qui-quadrado(2) = 10,57; p -valor = 0,005). O entrosamento na tarefa contínua teve notas maiores nas DM (DI: média = 7,0 (DP = 1,8); DM: média = 7,1 (DP = 1,3); DJ: média = 7,3 (DP = 1,6); Qui-quadrado(2) = 8,5; p -valor = 0,014).

Tendo em vista a percepção sobre quem estava liderando o movimento da dupla, a maioria dos participantes (63,4%; 71 voluntários) considerou que ambos os integrantes da dupla se intercalavam liderando ou guiando durante a cooperação do jogo. Entretanto, as DM atribuíram mais a liderança aos colegas do que as demais duplas (DI: 2 (6,7%); DM: 7 (17,5%); jovens: 2 (4,8%); Qui-quadrado(2) = 6,39; p -valor = 0,041). As DI reportaram mais vezes que ninguém da duplas estava liderando (DI: 9 (30,0%); DM: 5 (12,5%); jovens: 4 (9,5%); Qui-quadrado(2) = 12,49; p -valor = 0,002). Quanto às faixas etárias, idosos reportaram mais que o colega (idosos: 7 (14,0%); jovens: 4 (6,5%); Qui-quadrado(1) = 4,8; p -valor = 0,028) ou que nenhum dos dois estava liderando (idosos: 12 (24,0%); jovens: 6 (9,7%); Qui-quadrado(1) = 4,2; p -valor = 0,041). Idosos também se atribuíram menores porcentagem de tempo liderando, tanto na tarefa contínua (idosos: média = 39,7 (DP = 27,6); jovens: 48,4 (DP = 18,2%); Qui-quadrado(1) = 6,30; p -valor =

0,012), quanto na tarefa em blocos (idosos: média = 37,0 (DP = 25,4); jovens: 46,7 (DP = 18,4%); Qui-quadrado(1) = 5,45; p-valor = 0,020).

Considerando as métricas de desempenho na tarefa contínua (Tabela 5; Figura 6), houve diferenças entre os tipos de duplas na proporção de voltas com respostas válidas (DI: mediana = 0,50 (IIQ = 0,14); DM: mediana = 0,61 (IIQ = 0,13); DJ: mediana = 0,70 (IIQ = 0,13); Qui-quadrado(2) = 15,87; p-valor < 0,001), onde DJ apresentaram melhor desempenho que DM ($W = 308$; p-valor corrigido = 0,030) e que DI ($W = 269$; p-valor corrigido < 0,001), e DM foram melhor que DI ($W = 215$; p-valor corrigido = 0,015). Efeito semelhante também foi observado para a proporção de teclas apertadas (DI: mediana = 0,57 (IIQ = 0,20); DM: mediana = 0,70 (IIQ = 0,19); DJ: mediana = 0,85 (IIQ = 0,21); Qui-quadrado(2) = 14,88; p-valor < 0,001), com DJ apresentando valores maiores que as DM ($W = 301$; p-valor corrigido = 0,026) e que as DI ($W = 267$; p-valor corrigido < 0,001), e DM com melhor desempenho que DI ($W = 214$; p-valor corrigido = 0,033). Também houve efeito para a proporção de teclas juntas (DI: mediana = 0,07 (IIQ = 0,04); DM: mediana = 0,10 (IIQ = 0,08); DJ: mediana = 0,15 (IIQ = 0,08); Qui-quadrado(2) = 11,46; p-valor = 0,003), com DJ tendo maior proporção que DI ($W = 258$; p-valor corrigido = 0,003). Não houve diferença entre os tipos de duplas na métrica de proporção de batidas (DI: mediana = 0,01 (IIQ = 0,01); DM: mediana = 0,01 (IIQ = 0,01); DJ: mediana = 0,01 (IIQ = 0,01); Qui-quadrado(2) = 0,03; p-valor = 0,988).

Das 56 duplas, 9 jogaram apenas dois labirintos na tarefa contínua (completaram apenas um), sendo que essas 7 eram duplas de idosos e duas eram duplas mistas (Tabela 5). De fato, houve efeito de tipo de dupla no número de labirintos jogados (DI: mediana = 3 (IIQ = 1); DM: mediana = 3 (IIQ = 0,25); DJ: mediana = 4 (IIQ = 1); Qui-quadrado(2) = 32,44; p-valor < 0,001), com as DJ tendo jogando mais labirintos que as DM ($W = 357,5$; p-valor corrigido < 0,001) e que as DI ($W = 307$; p-valor corrigido < 0,001), sendo DM jogaram mais labirintos que DI ($W = 225$; p-valor corrigido = 0,005).

Nas 47 duplas em que foi possível calcular a evolução do desempenho (Tabela 5, Figura 6), observamos que tanto a proporção de teclas apertadas (média = 0,57 (DP = 1,50); $t(46) = 2,59$; p-valor = 0,013) quanto a proporção de voltas com resposta válida (média = 0,67 (DP = 1,73); $t(46) = 2,65$; p-valor = 0,011) tiveram melhora ao longo dos labirintos. Não houve mudança linear no número de batidas ao longo dos labirintos

(média = 0,21 (DP = 1,74); $t(46) = 0,83$; p-valor = 0,409). Considerando os grupos separadamente, apenas as duplas de jovens mostraram evolução significativa nas métricas de desempenho dadas pela proporção de teclas juntas (média = 0,84 (DP = 0,76); $t(20) = 5,10$; $p < 0,001$), de teclas apertadas (média = 1,02 (DP = 0,79); $t(20) = 5,92$; $p < 0,001$) e de voltas com resposta válida (média = 0,95 (DP = 1,62); $t(20) = 2,70$; $p = 0,014$). Porém, apenas na evolução da proporção de teclas juntas as DJ apresentaram evolução mais positiva em relação às DM (DM: média = -1,05 (DP = 2,38); $t(19,95) = 3,24$; p-valor corrigido = 0,012) e em relação às DI (DI: média = -0,20 (DP = 1,06); $t(9,86) = 2,56$; p-valor corrigido = 0,043). Não foi encontrada nenhuma diferença na evolução linear das métricas de desempenho entre as duplas mistas e as duplas de idosos.

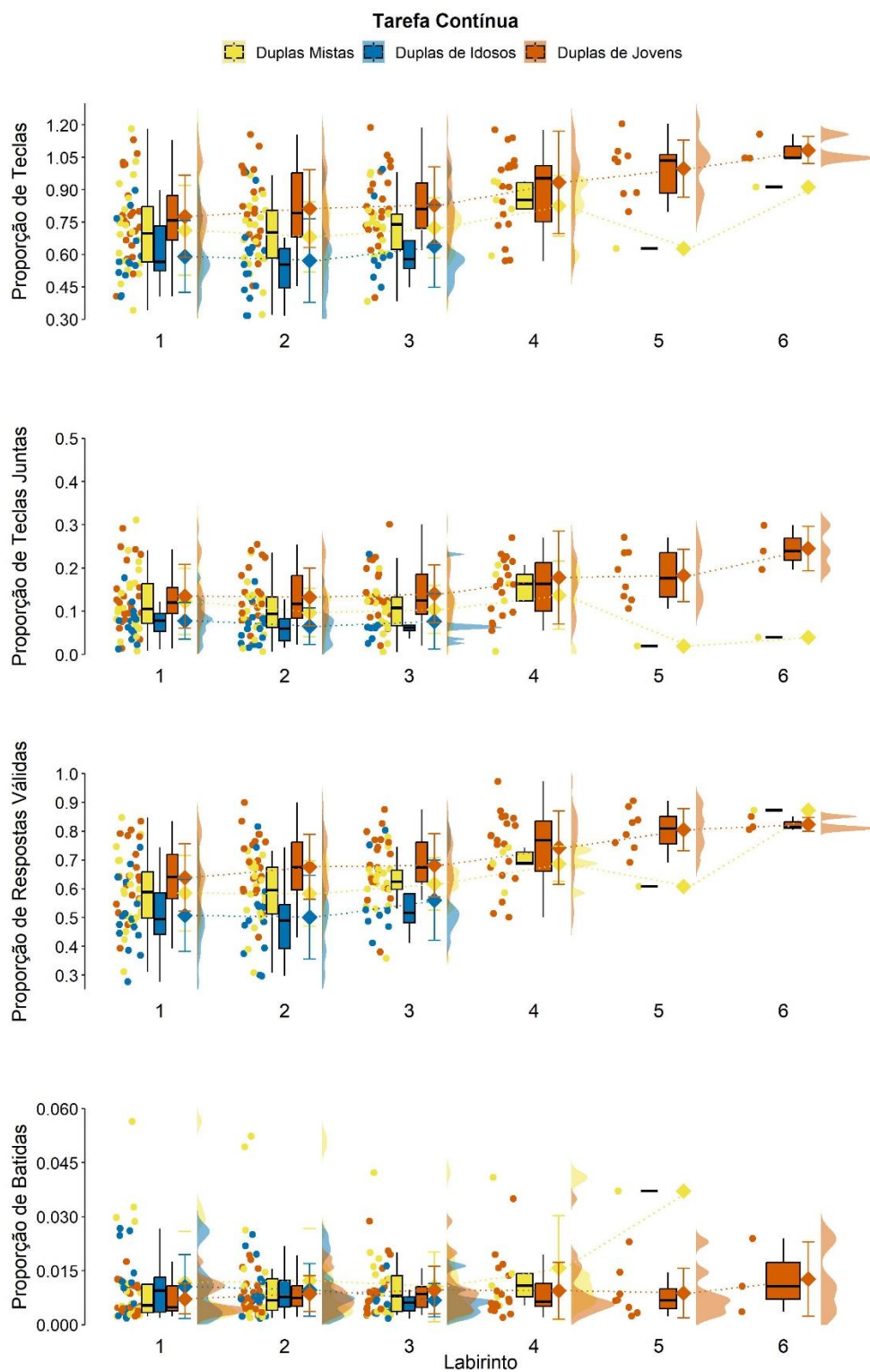


Figura 6: Métricas de desempenho por tipo de dupla e por labirinto na tarefa contínua. Os gráficos mostram a dispersão das métricas para cada tipo de dupla em cada labirinto

jogado, incluindo uma curva suavizada para ilustrar as dispersões e sua sobreposição entre os tipos de duplas. São mostrados *boxplots* indicando as medianas o primeiro e o terceiro quartil, com linhas contínuas que se estendem até os maiores e menores valores dentro de 1,5 vezes o intervalo interquartil em relação ao terceiro e ao primeiro quartil, respectivamente. Também são mostradas as médias (losangos) com o indicativo de um desvio padrão.

Tabela 5: Métricas objetivas de desempenho na tarefa contínua. Destacam-se os efeitos de tipo de dupla para as métricas de proporção de respostas e sua evolução, assim como as evoluções detectadas em cada tipo de dupla e no geral.

	Duplas Mistas (N= 20)	Duplas de Idosos (N= 15)	Duplas de Jovens (N= 21)	Total (N= 56)	p-valor do efeito de tipo de dupla (N= 56)
Proporção de teclas apertadas					
Média (DP)	0,71 (0,17)	0,59 (0,18)	0,85 (0,18)	0,73 (0,20)	< 0,001 *
Mediana [Min, Máx]	0,70 [0,33; 1,0]	0,57 [0,30; 0,88]	0,85 [0,46; 1,3]	0,75 [0,30; 1,3]	
Evolução da proporção de teclas apertadas					
Média (DP)	0,22 (2,1)	0,17 (0,91)	1,0 (0,79) *	0,57 (1,5) *	0,182
Mediana [Min, Máx]	0,41 [-6,2; 4,3]	0,50 [-1,9; 0,94]	0,96 [-0,85; 2,7]	0,78 [-6,2; 4,3]	
Proporção de teclas juntas					
Média (DP)	0,11 (0,063)	0,073 (0,041)	0,15 (0,072)	0,12 (0,069)	0,003 *
Mediana [Min, Máx]	0,10 [0,01; 0,24]	0,07 [0,01; 0,15]	0,15 [0,03; 0,35]	0,11 [0,01; 0,35]	
Evolução da proporção de teclas juntas					
Média (DP)	-1,1 (2,4)	-0,20 (1,1)	0,84 (0,76) *	-0,061 (1,8)	< 0,001 *
Mediana [Min, Máx]	-0,71 [-6,3; 2,4]	-0,20 [-1,9; 1,3]	0,86 [-1,0; 2,3]	0,28 [-6,3; 2,4]	
Proporção de voltas com resposta válida					
Média (DP)	0,60 (0,12)	0,51 (0,13)	0,69 (0,11)	0,61 (0,14)	0,003 *
Mediana [Min, Máx]	0,61 [0,31; 0,77]	0,50 [0,29; 0,79]	0,70 [0,43; 0,90]	0,63 [0,29; 0,90]	
Evolução da proporção de voltas com resposta válida					
Média (DP)	0,52 (2,1)	0,26 (1,2)	0,95 (1,6) *	0,67 (1,7) *	0,575
Mediana [Min, Máx]	0,85 [-5,9; 3,3]	0,80 [-2,5; 1,0]	1,1 [-4,8; 4,2]	0,85 [-5,9; 4,2]	
Proporção de batidas					
Média (DP)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	0,011 (0,010)	0,988
Mediana [Min, Máx]	0,01 [0,00; 0,05]	0,01 [0,0; 0,02]	0,01 [0,00; 0,02]	0,01 [0,00; 0,05]	
Evolução da proporção de batidas					
Média (DP)	0,22 (2,1)	-0,12 (2,5)	0,33 (1,0)	0,21 (1,7)	0,834
Mediana [Min, Máx]	0,37 [-5,7; 3,5]	0,97 [-3,7; 2,3]	0,32 [-1,3; 2,2]	0,44 [-5,7; 3,5]	
Quantidade de participante por número de labirintos jogados					
2 labirintos	2 (10,0%)	7 (46,7%)	0 (0%)	9 (16,1%)	
3 labirintos	13 (65,0%)	8 (53,3%)	2 (9,5%)	23 (41,1%)	
4 labirintos	4 (20,0%)	0 (0%)	11 (52,4%)	15 (26,8%)	

5 labirintos	0 (0%)	0 (0%)	5 (23,8%)	5 (8,9%)	
6 labirintos	1 (5,0%)	0 (0%)	3 (14,3%)	4 (7,1%)	
Quantidade de labirintos jogados					
Média (DP)	3,3 (0,85)	2,5 (0,52)	4,4 (0,87)	3,5 (1,1)	< 0,001 *
Mediana [Min, Máx]	3,0 [2,0; 6,0]	3,0 [2,0; 3,0]	4,0 [3,0; 6,0]	3,0 [2,0; 6,0]	

DP: Desvio Padrão. Mín: Mínimo. Máx: Máximo.

Nota – Valores em negrito e marcados com * indicam $p < 0,05$. Na coluna dos p-valores do efeito de tipo de dupla, isso significa que houve diferença entre os tipos de dupla. Nas colunas de cada tipo de dupla ou do total, os valores destacados indicam que a evolução foi diferente de zero para o tipo de dupla ou para os dados em geral.

Analisando os dados da tarefa em blocos (Tabela 6; Figura 7), foi detectado efeito de tipo de dupla na proporção de voltas/laços com respostas válidas (DI: mediana = 0,57 (IIQ = 0,16); DM: mediana = 0,69 (IIQ = 0,19); DJ: mediana = 0,79 (IIQ = 0,15); Qui-quadrado(2) = 14,88; p-valor < 0,001), com DJ tendo melhor desempenho que DM ($W = 298$; p-valor corrigido = 0,032) e do que DI ($W = 271$; p-valor corrigido < 0,001). Efeito semelhante foi visto para a proporção de teclas (DI: mediana = 0,67 (IIQ = 0,24); DM: mediana = 0,82 (IIQ = 0,31); DJ: mediana = 1,08 (IIQ = 0,28); Qui-quadrado(2) = 13,82; p-valor < 0,001), associado a melhor desempenho nas DJ do que nas DM ($W = 296$; p-valor corrigido = 0,037) e do que nas DI ($W = 268$; p-valor corrigido < 0,001). A proporção de teclas juntas também foi diferente entre os tipos de duplas (DI: mediana = 0,10 (IIQ = 0,07); DM: mediana = 0,14 (IIQ = 0,09); DJ: mediana = 0,24 (IIQ = 0,15); Qui-quadrado(2) = 11,77; p-valor = 0,003), mas apenas com DJ tendo valores maiores que DI ($W = 264$; p-valor corrigido = 0,001). Não foi observada diferença entre as proporções de batidas (DI: mediana = 0,005 (IIQ = 0,007); DM: mediana = 0,006 (IIQ = 0,13); DJ: mediana = 0,007 (IIQ = 0,005); Qui-quadrado(2) = 1,85; p-valor = 0,396). Nesta condição, todos os voluntários fazem quatro labirintos (a menos que alguma dupla complete um labirinto em menos de 1 minuto, o que não ocorreu), de forma que em todos foi possível estimar a evolução. Apenas a proporção de voltas com respostas válidas mostrou uma evolução linear, considerando todas as duplas (média = 0,29 (DP = 1,02); $t(55) = 2,15$; p-valor = 0,037), mas não houve diferenças nessa evolução entre os tipos de duplas. Analisando os tipos de duplas separadamente, apenas as DM mostraram evolução (DM: média = 0,60 (DP = 1,13); $t(19) = 2,35$; p-valor = 0,030).

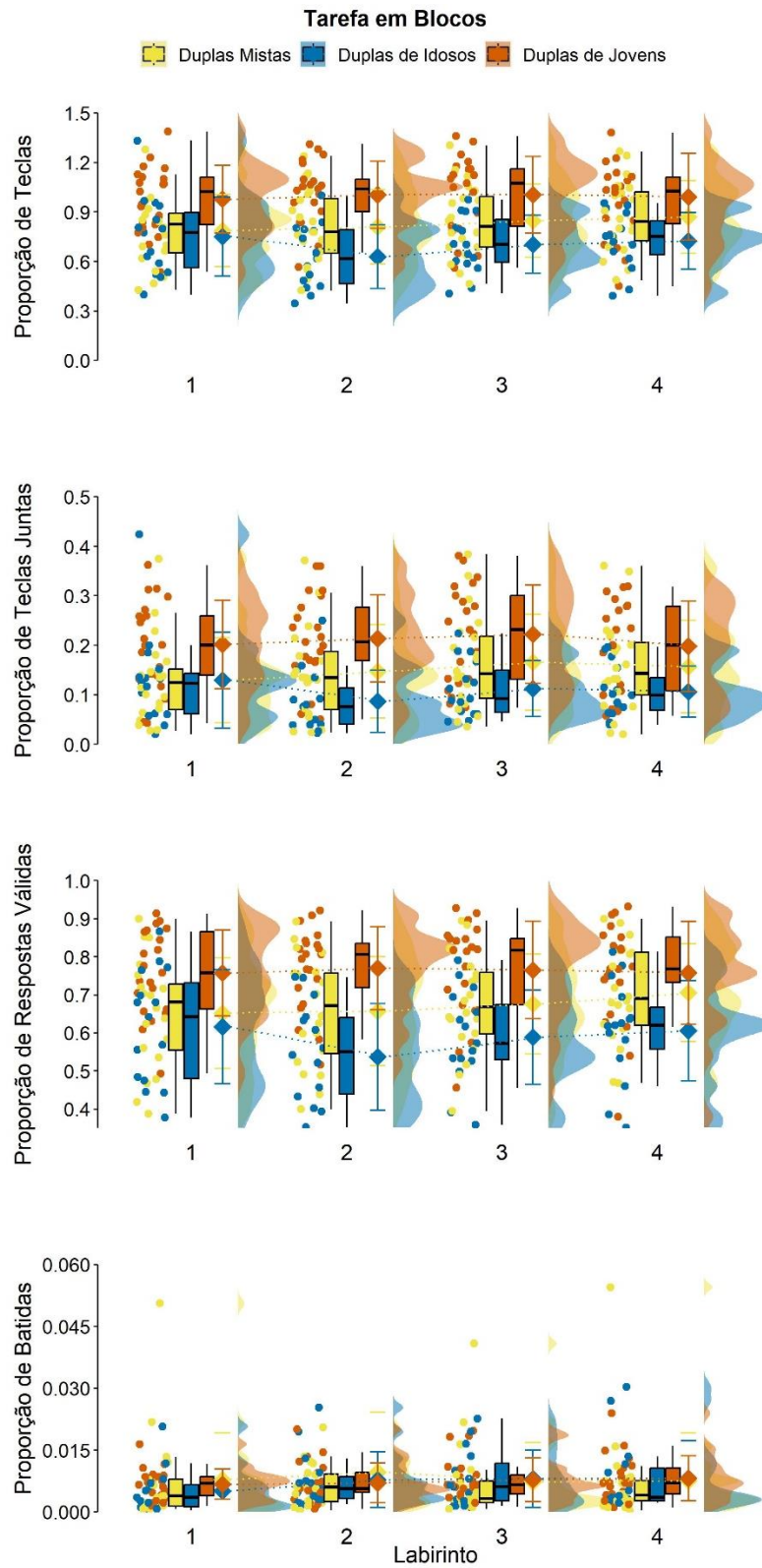


Figura 7: Métricas de desempenho por tipo de dupla e por labirinto na tarefa em blocos. Os gráficos mostram a dispersão das métricas para cada tipo de dupla em cada labirinto

jogado, incluindo uma curva suavizada para ilustrar as dispersões e sua sobreposição entre os tipos de duplas. São mostrados *boxplots* indicando as medianas o primeiro e o terceiro quartil, com linhas contínuas que se estendem até os maiores e menores valores dentro de 1,5 vezes o intervalo interquartil em relação ao terceiro e ao primeiro quartil, respectivamente. Também são mostradas as médias (losangos) com o indicativo de um desvio padrão.

Tabela 6: Métricas objetivas de desempenho na tarefa em blocos. Destacam-se os efeitos de tipo de dupla para as métricas de proporção de respostas e sua evolução, assim como as evoluções detectadas em cada tipo de dupla e no geral.

	Duplas Mistas (N= 20)	Duplas de Idosos (N= 15)	Duplas Jovens (N= 21)	Total (N= 56)	p-valor do efeito de tipo de dupla (N= 56)
Proporção de teclas apertadas					
Média (DP)	0,83 (0,20)	0,70 (0,16)	0,99 (0,21)	0,86 (0,23)	< 0,001 *
Mediana [Min, Máx]	0,82 [0,47; 1,2]	0,67 [0,42; 0,93]	1,1 [0,59; 1,4]	0,85 [0,42; 1,4]	
Evolução da proporção de teclas apertadas					
Média (DP)	0,47 (1,2)	0,15 (0,87)	0,038 (0,96)	0,22 (1,1)	0,412
Mediana [Min, Máx]	0,68 [-2,0; 2,3]	0,14 [-1,5; 1,7]	0,11 [-2,3; 1,5]	0,38 [-2,3; 2,3]	
Proporção de teclas juntas					
Média (DP)	0,15 (0,086)	0,11 (0,050)	0,21 (0,084)	0,16 (0,086)	0,003 *
Mediana [Min, Máx]	0,14 [0,029; 0,35]	0,10 [0,04; 0,20]	0,24 [0,058; 0,33]	0,15 [0,029; 0,35]	
Evolução da proporção de teclas juntas					
Média (DP)	0,52 (0,97) *	0,094 (0,92)	-0,16 (1,0)	0,15 (1,0)	0,088
Mediana [Min, Máx]	0,62 [-1,7; 1,9]	0,033 [-1,4; 1,3]	-0,11 [-2,1; 1,3]	0,27 [-2,1; 1,9]	
Proporção de voltas com resposta válida					
Média (DP)	0,67 (0,12)	0,59 (0,12)	0,76 (0,11)	0,68 (0,14)	< 0,001 *
Mediana [Min, Máx]	0,69 [0,44; 0,86]	0,57 [0,38; 0,78]	0,79 [0,53; 0,91]	0,70 [0,38; 0,91]	
Evolução da proporção de voltas com resposta válida					
Média (DP)	0,60 (1,1) *	0,13 (1,0)	0,12 (0,86)	0,29 (1,0) *	0,251
Mediana [Min, Máx]	0,61 [-1,4; 3,1]	0,41 [-2,2; 2,1]	0,0014 [-1,6; 1,5]	0,35 [-2,2; 3,1]	
Proporção de batidas					
Média (DP)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,00)	0,01 (0,01)	0,396
Mediana [Min, Máx]	0,00 [0,00; 0,05]	0,00 [0,00; 0,02]	0,01 [0,00; 0,01]	0,01 [0,00; 0,05]	
Evolução da proporção de batidas					
Média (DP)	-0,16 (0,84)	0,45 (0,83)	0,20 (1,1)	0,14 (0,94)	0,155
Mediana [Min, Máx]	-0,24 [-2,2; 1,4]	0,82 [-1,6; 1,2]	0,35 [-3,7; 1,9]	0,21 [-3,7; 1,9]	

DP: Desvio Padrão. Mín: Mínimo. Máx: Máximo.

Nota – Valores em negrito e marcados com * indicam $p < 0,05$. Na coluna dos p-valores do efeito de tipo de dupla, isso significa que houve diferença entre os tipos de dupla. Nas colunas de cada tipo de dupla ou do total, os valores destacados indicam que a evolução foi diferente de zero para o tipo de dupla ou para os dados em geral.

6.3 Atividade cerebral durante a tarefa cooperativa em blocos

Nas análises de fNIRS da tarefa em blocos, foram excluídos 5 voluntários, por terem mais de 25% dos canais comuns excluídos por baixa qualidade do sinal (ver [seção 5.6.2.1 sobre o pré-processamento do sinal de fNIRS](#)). Os 5 voluntários excluídos eram de duplas diferentes, sendo 3 de duplas jovens, um de duplas mista (idoso) e um de dupla de idosos. Na análise considerando todos os participantes como um único grupo, tanto na condição de imitação, quanto na condição de jogo de cooperação, foram observadas ativações cerebrais (sinais de oxigenação relacionados com a tarefa) em regiões motoras e em regiões da junção temporoparietal. Este efeito foi observado tanto como um aumento de oxihemoglobina quanto por uma redução da desoxihemoglobina (Figura 8; painéis superior e médio). Ao compararmos diretamente as condições jogo cooperativo com a condição de imitação, foi observada menor atividade durante o jogo cooperativo na porção posterior da junção temporoparietal e maior atividade em regiões motoras, com base na desoxihemoglobina (Figura 8; painel inferior).

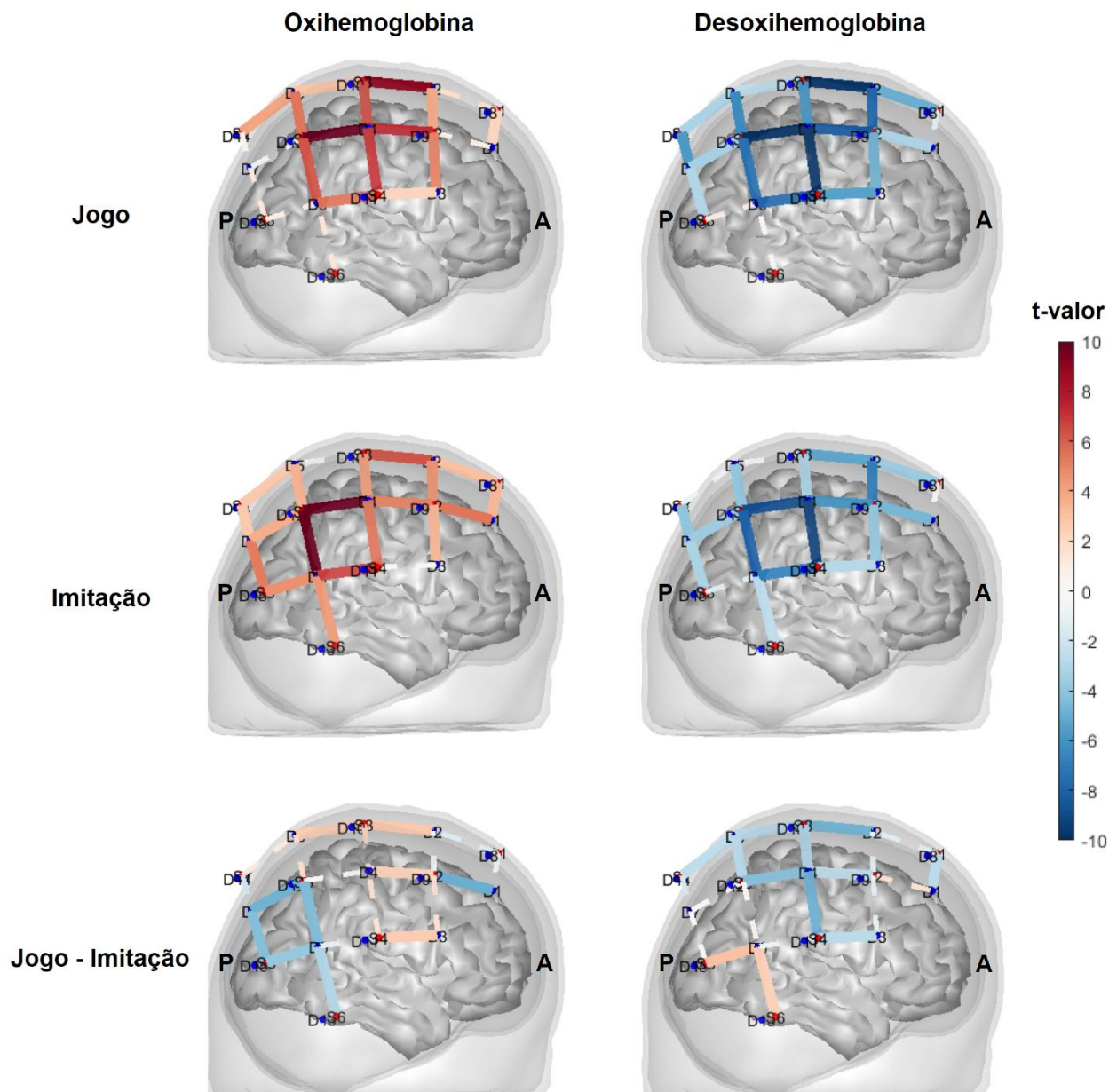


Figura 8: Atividade cerebral na tarefa em blocos de acordo com concentração de oxi (esquerda) e desoxihemoglobina (direita) para cada condição e para a sua diferença. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido $< 0,05$; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido $\geq 0,05$. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (*source*). A: Anterior. P: Posterior.

Ao considerarmos a atividade dos diferentes tipos de duplas durante o jogo cooperativo, a concentração de oxihemoglobina (Figura 9) indicou atividade (aumento da oxihemoglobina e/ou diminuição da desoxihemoglobina nos períodos de tarefa) motora nos três tipos de dupla, também apresentando de forma consistente atividade em parte do giro supramarginal e no giro frontal superior. Porém, duplas de jovens

apresentaram redução na concentração de oxihemoglobina na região temporal posterior, e em parte do giro angular, enquanto essas regiões se mostraram com maior concentração nas duplas mistas e de idosos. Essa redução de atividade não foi observada levando em consideração a desoxihemoglobina, que, considerando as demais áreas e duplas, mostrou resultados semelhantes à oxihemoglobina, tanto na tarefa cooperativa, quanto na imitação (Figura 10). Quanto à tarefa de imitação, as duplas de mistas mostram atividade ao longo de todas as regiões corticais medidas, desde regiões frontais até às regiões mais posteriores. As duplas de jovens e as duplas de idosos apresentaram mais destacada nas regiões da junção temporoparietal, incluindo regiões parietais inferiores e giro supramarginal, sendo que, nas duplas de jovens foram vistas atividades também nos giros frontais superior e médio. As duplas mistas e as duplas jovens apresentam maior atividade na tarefa de imitação em regiões parietais inferiores e temporais, assim como no giro frontal médio, mas isso somente foi significativo ao considerar a oxihemoglobina, não com a desoxihemoglobina. De forma consistente entre oxi e desoxihemoglobina, as duplas de idosos tiveram maior atividade durante o jogo cooperativo no parietal superior, e as duplas mistas tiveram maior atividade no giro frontal médio, sendo que esses dois tipos de duplas mostraram maior atividade no giro supramarginal e porção do giro pós-central considerando a desoxihemoglobina.

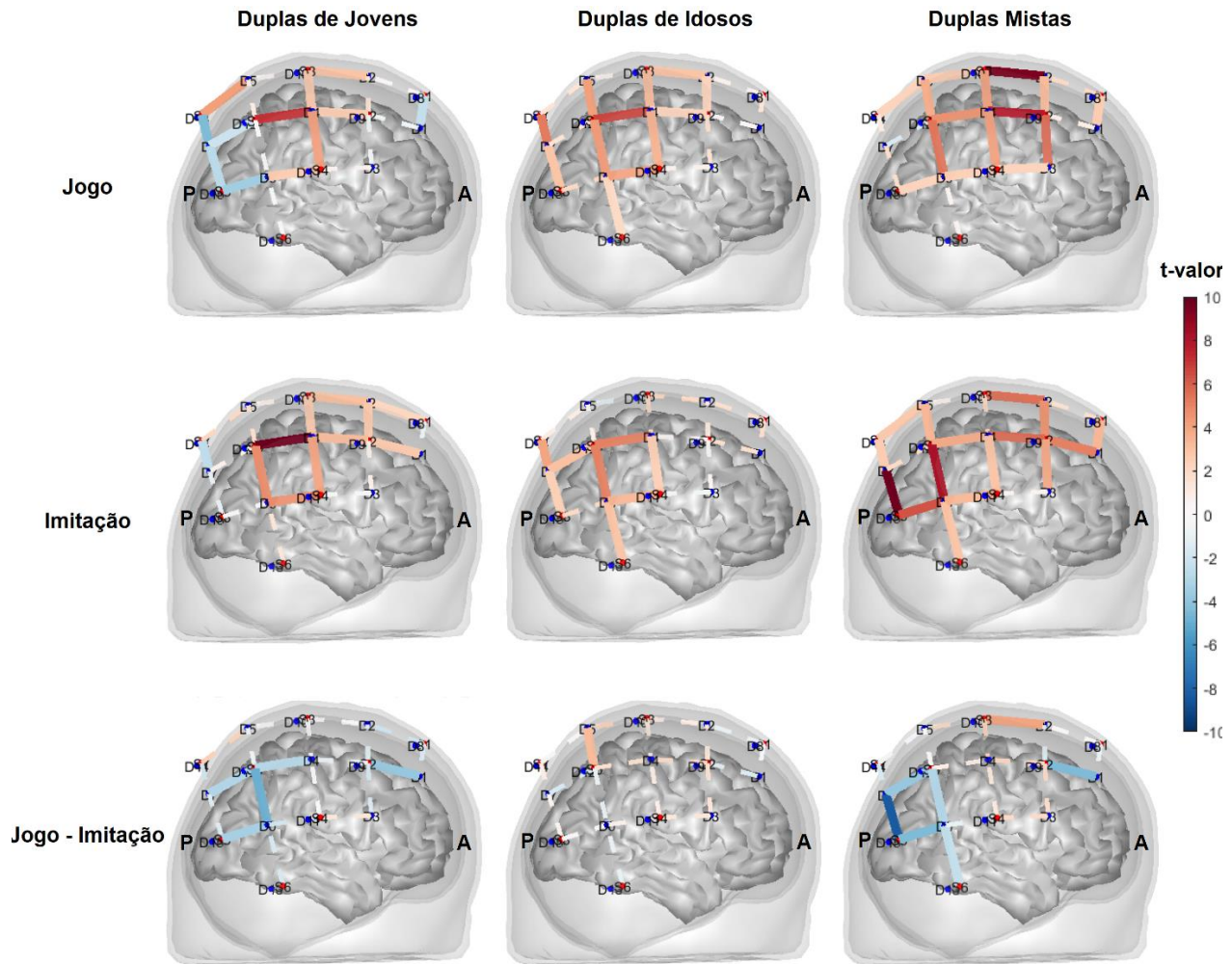


Figura 9: Atividade cerebral na tarefa em blocos em cada tipo de dupla de acordo com concentração de oxihemoglobina para cada condição e para a sua diferença. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido $< 0,05$; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido $\geq 0,05$. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (*source*). A: Anterior. P: Posterior.

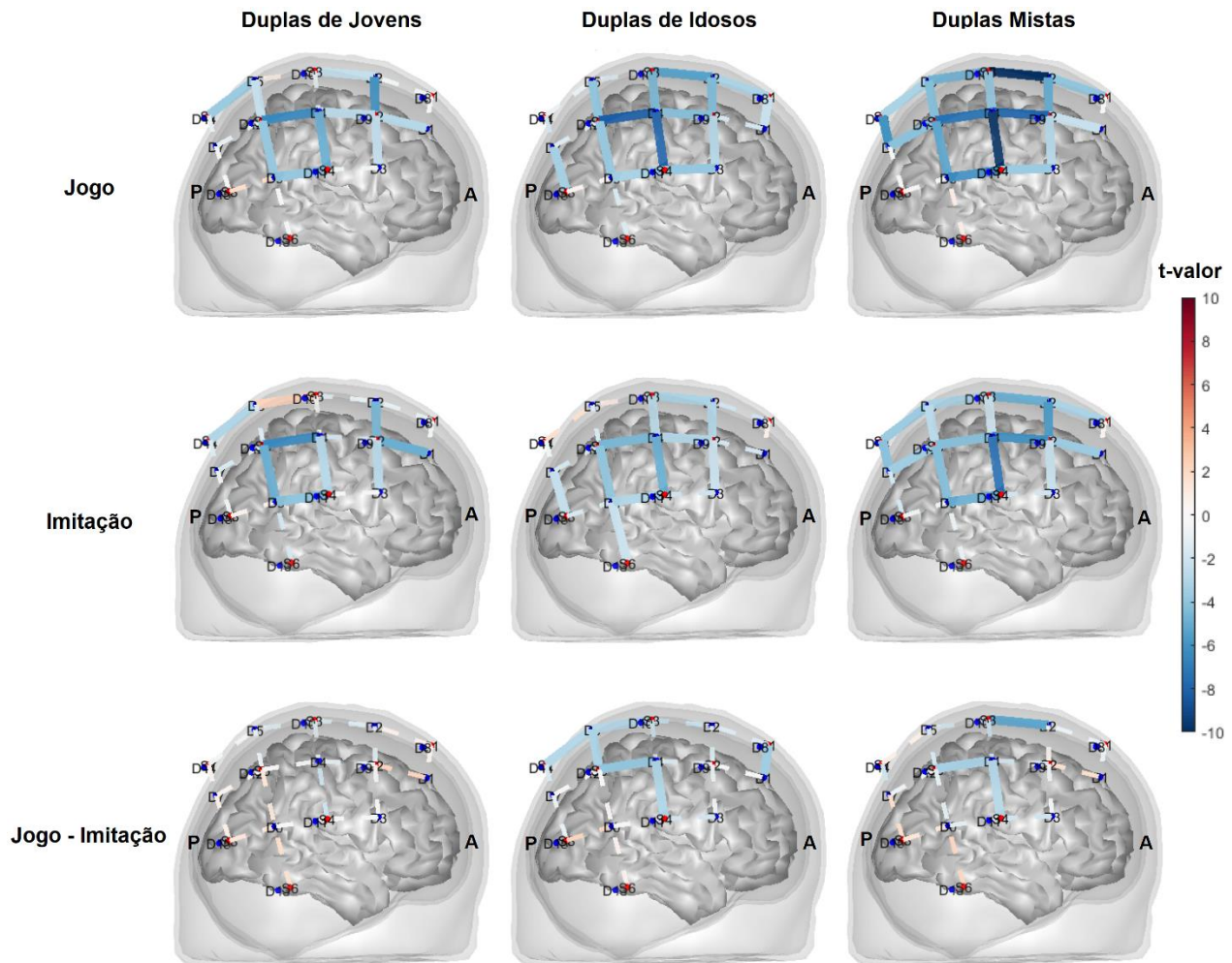


Figura 10: Atividade cerebral na tarefa em blocos em cada tipo de dupla de acordo com concentração de desoxihemoglobina para cada condição e para a sua diferença. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido $< 0,05$; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido $\geq 0,05$. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (*source*). A: Anterior. P: Posterior.

Considerando as diferenças entre os tipos de dupla (Figura 11), os jovens tiveram menores atividades durante o jogo cooperativo em regiões parietais e temporais posteriores de acordo com a oxihemoglobina, tanto em relação às duplas de idosos quanto às duplas mistas. Por outro lado, ao esse efeito não foi observado com a desoxihemoglobina, a qual indicou maior atividade nas duplas de jovens no giro frontal médio.

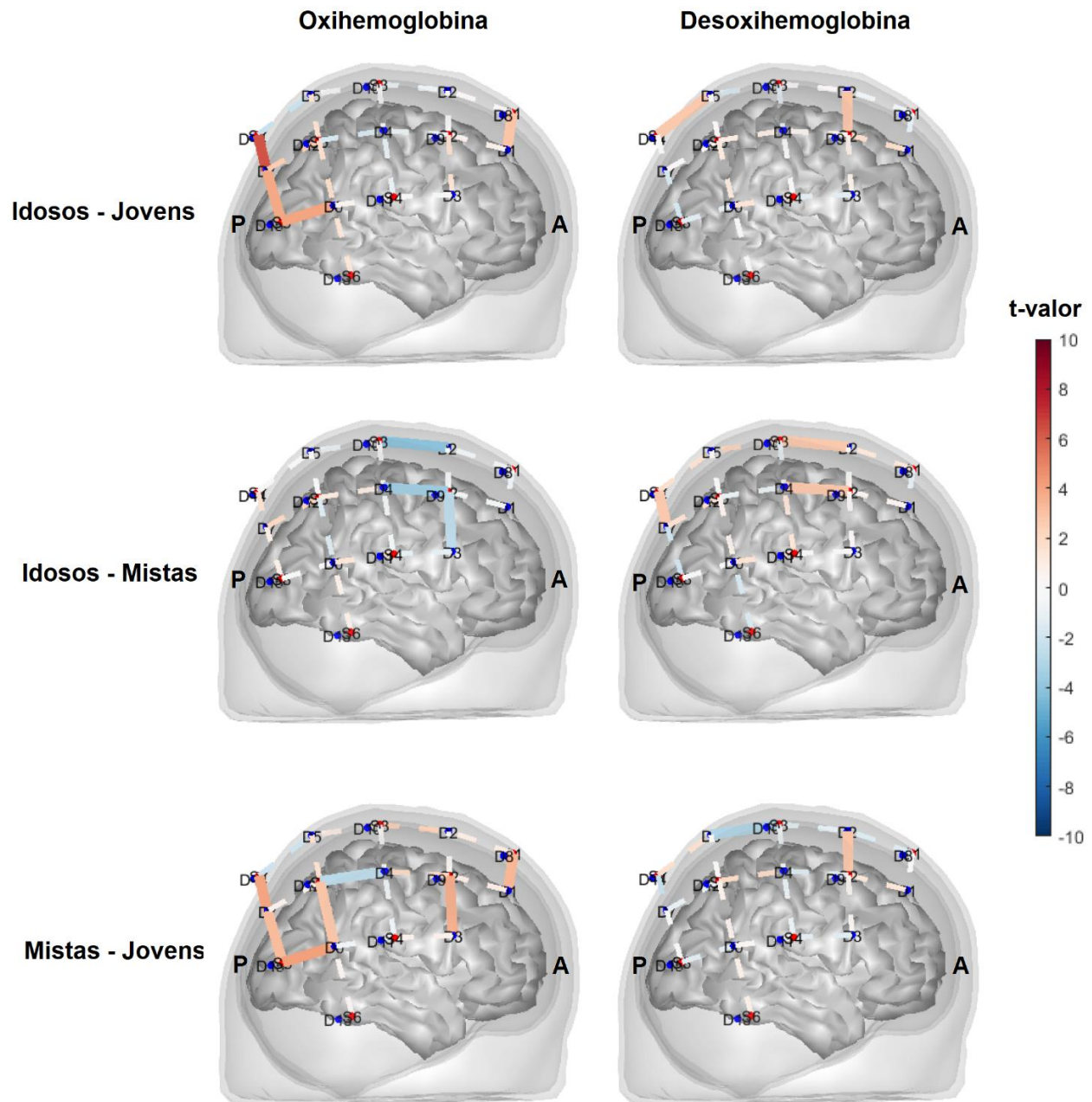


Figura 11: Comparação das atividades durante o jogo cooperativo na tarefa em blocos entre os tipos de dupla, de acordo com a concentração e oxi (esquerda) e desoxi-hemoglobina (direita). Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido < 0,05; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido $\geq 0,05$. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (*source*). A: Anterior. P: Posterior.

Também houve diferença entre os tipos de duplas na comparação da diferença entre a atividade no bloco de jogo cooperativo e a atividade no bloco de imitação (Figura

12: Comparação das diferenças de atividade cerebral durante o jogo cooperativo e durante a imitação na tarefa em blocos entre os tipos de dupla, de acordo com a concentração e oxihemoglobina. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido $< 0,05$; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido $\geq 0,05$. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (source). A: Anterior. P: Posterior.), com duplas de idosos apresentando diferenças em relação às demais duplas na região da junção temporo-parietal direita. De forma mais específica, a diferença entre duplas de idosos e de jovens parece associada à maior atividade na imitação nas regiões parietais inferiores, e a diferença das duplas de idosos em relação às duplas mistas se justifica pela maior atividade no bloco de imitação nas duplas mistas no giro angular e no giro temporal médio. Também observamos diferença no giro angular entre duplas mistas e duplas de jovens. Esses resultados foram observados apenas para a oxihemoglobina, não havendo diferença ao analisar a desoxihemoglobina.

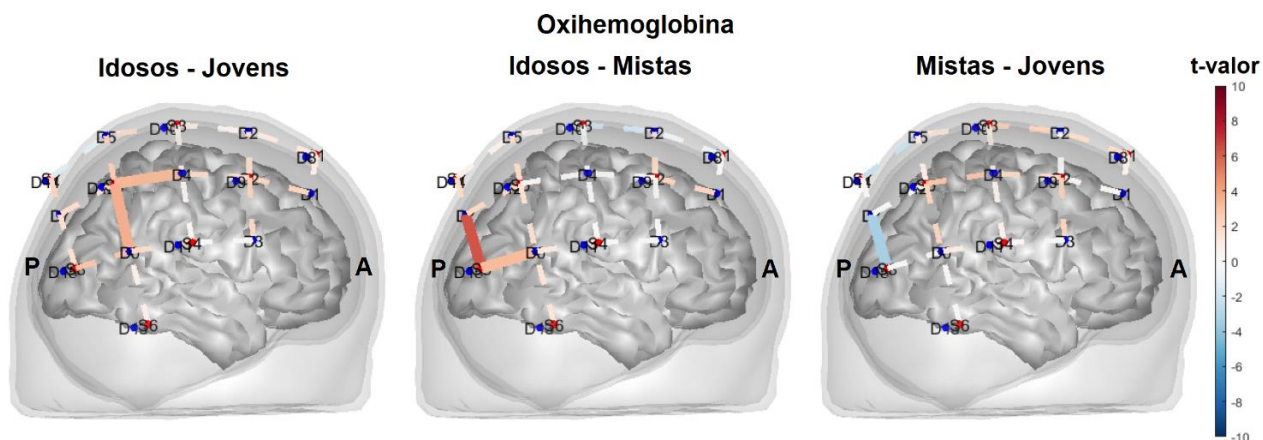


Figura 12: Comparação das diferenças de atividade cerebral durante o jogo cooperativo e durante a imitação na tarefa em blocos entre os tipos de dupla, de acordo com a concentração e oxihemoglobina. Visão do hemisfério direito. Linhas contínuas indicam p-valor corrigido $< 0,05$; linhas tracejadas indicam p-valor corrigido $\geq 0,05$. Detectores estão identificados com a letra D; Emissores com a letra S (source). A: Anterior. P: Posterior.

6.4 Conectividade entre cérebros na tarefa cooperativa

Para a tarefa contínua, foram excluídas 7 duplas, por um membro de cada uma dessas duplas ter apresentado baixa qualidade no sinal de fNIRS (ver [seção 5.6.2.1](#)

[sobre o pré-processamento do sinal de fNIRS](#)). Adicionalmente, em uma dupla o dado de fNIRS não gravado, apesar do sistema ter sido usado durante o experimento, o dado em si não foi registrado. Das 8 duplas excluídas, 3 eram duplas jovens, 3 eram de idosos e 2 eram duplas mistas. Sendo assim, a análise foi realizada com 48 duplas (18 duplas de idosos, 18 duplas de jovens e 12 duplas de idosos). Ao considerarmos a conectividade independentemente do tipo de dupla, foi observada conectividade entre cérebros tanto para oxigênio (Figura 12), quanto para desoxihemoglobina (Figura 13), principalmente entre regiões da junção temporoparietal, incluindo giro angular, parietal inferior, temporal superior e médio, giro supramarginal, mas também entre os giros frontais superiores no caso da oxihemoglobina, enquanto algumas regiões mostram conectividade com praticamente todas as regiões cerebrais do outro participante no caso da desoxihemoglobina, como o giro angular e o occipital médio. Todas as conectividades significativas foram relações positivas entre os cérebros, mas a intensidade dessas conectividades foi em geral baixa, com valores médios de Z entre 0,07 e 0,19. Não observamos evolução linear das métricas de conectividade, nem relação dessas métricas com as métricas de desempenho em cada labirinto.

Oxihemoglobina

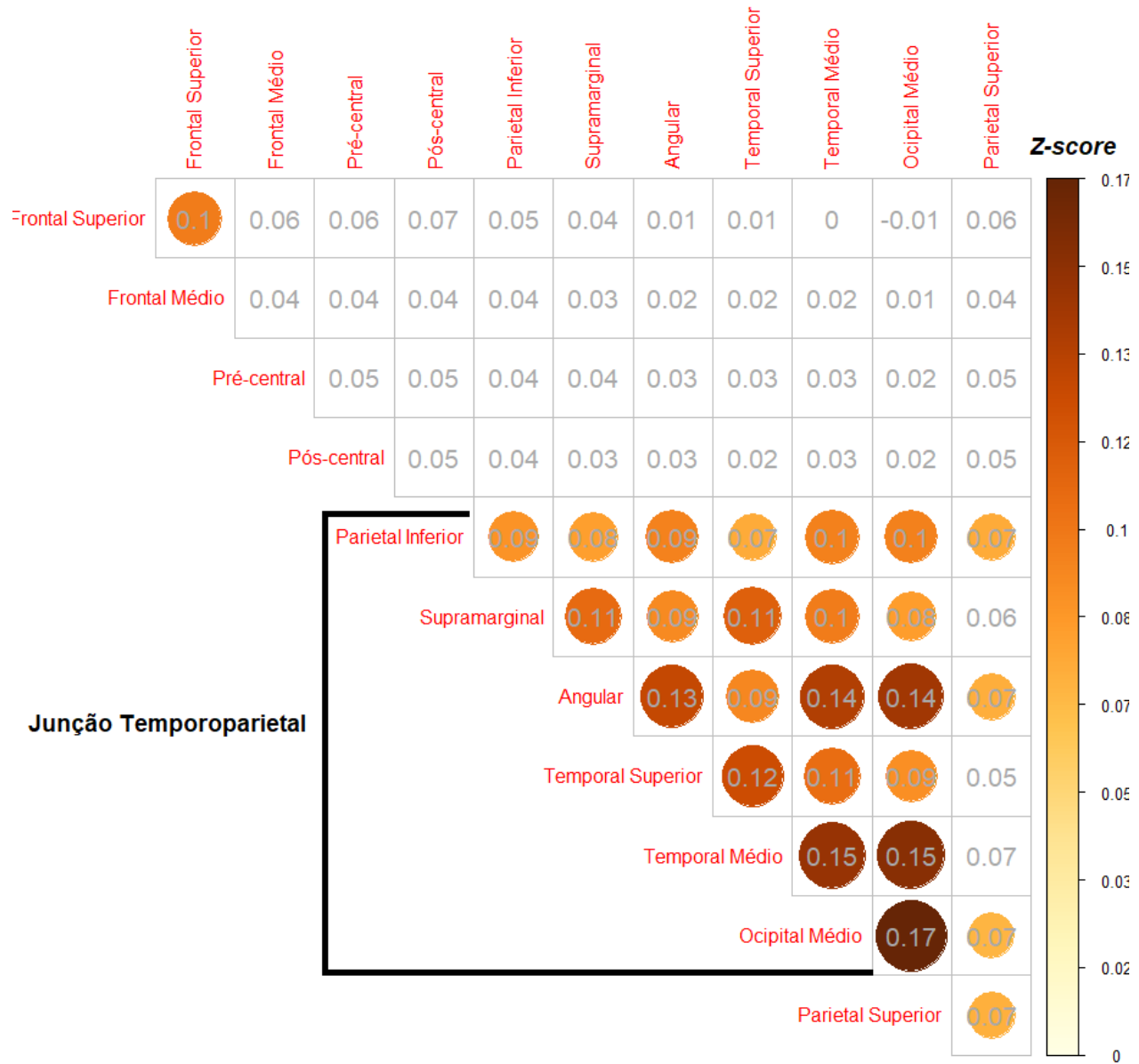


Figura 13: Conectividade entre ROIs na tarefa contínua com base na concentração de oxihemoglobina, destacando as regiões da junção temporoparietal. Os círculos representam as conectividades com p-valor corrigido $< 0,05$ e seus tamanhos são proporcionais aos valores da correlação transformada em Z-score.

Deoxihemoglobina

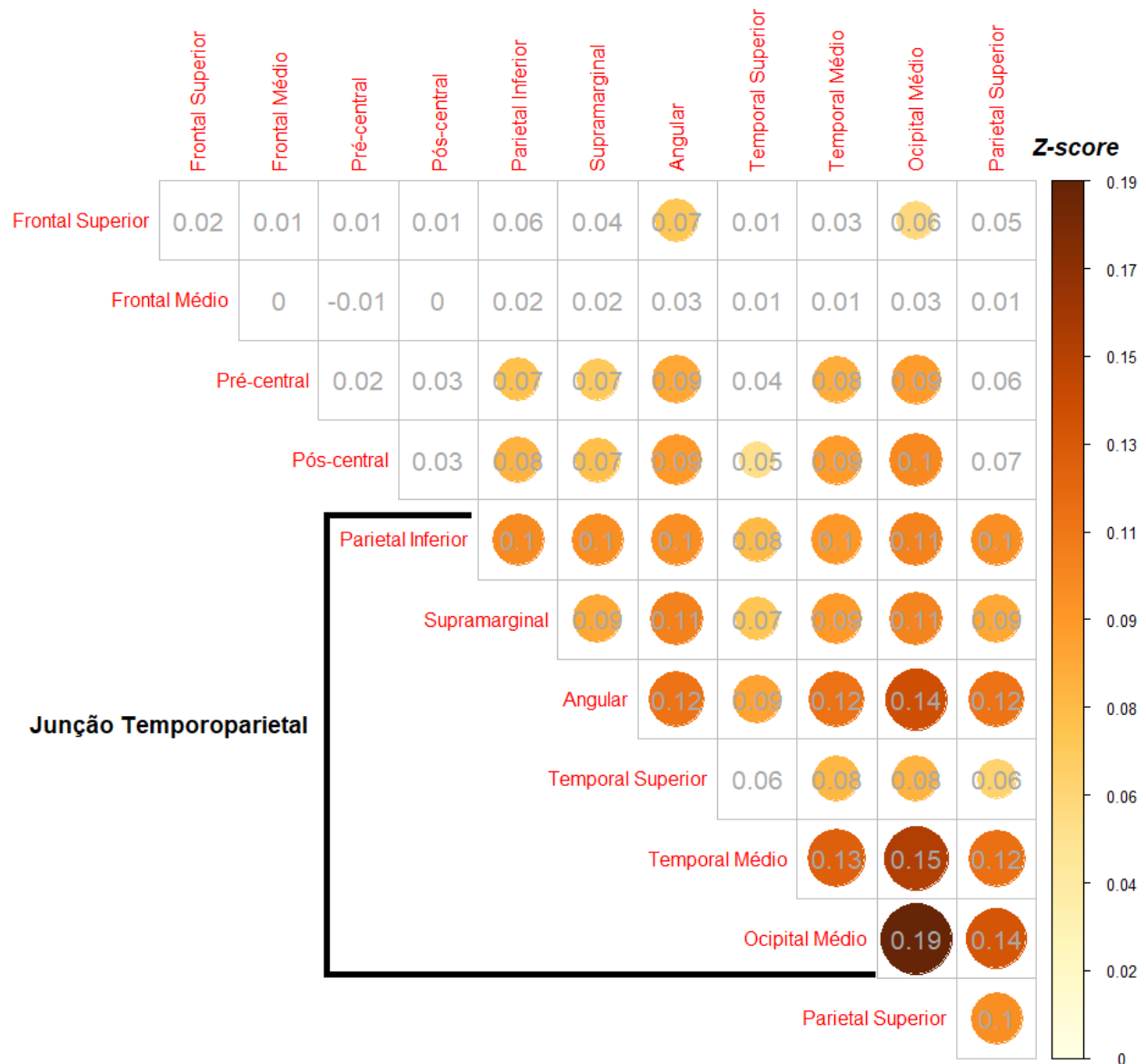


Figura 14: Conectividade entre ROIs na tarefa contínua com base na concentração de oxihemoglobina, destacando as regiões da junção temporoparietal. Também foi observada conectividades entre regiões da unção temporoparietal e outras áreas, como o gitos frontal superior, parietal superior, pré e pós-central. Os círculos representam as conectividades com p-valor corrigido $< 0,05$ e seus tamanhos são proporcionais aos valores da correlação transformada em *Z-score*.

Avaliando os grupos separadamente, foram observadas conectividades entre cérebros nas duplas de jovens e nas duplas de idosos. Porém, as duplas de idosos (Figura 15) apresentaram resultados significativos para oxihemoglobina, enquanto nas duplas de jovens (Figura 16) somente a desoxihemoglobina foi significativa. As conectividades apresentadas pelas duplas idosos foram semelhantes aos efeitos vistos considerando todos os participantes, indicando conectividade entre regiões da junção temporoparietal direita, mas também entre giros frontais superiores. Também foi significativa a relação entre regiões somatomotoras e da junção temporoparietal, como por exemplo entre o giro pré-central e o giro supramarginal, o parietal inferior e o parietal superior. Por outro lado, nas duplas mistas a conectividade foi significativa apenas entre o giro temporal médio e outras regiões da junção temporo parietal e com o giro occipital médio. No grupo de jovens, a matriz de conectividade foi semelhante à matriz com todos os participantes, considerando a desoxihemoglobina, de forma que foram também significativas as conectividades entre regiões da junção temporoparietal, mas os giro angular e occipital médio estiveram conectados com a maioria das regiões do outro cérebro. Não foi encontrada diferença entre os tipos de duplas.

Duplas de Idosos (Oxihemoglobina)

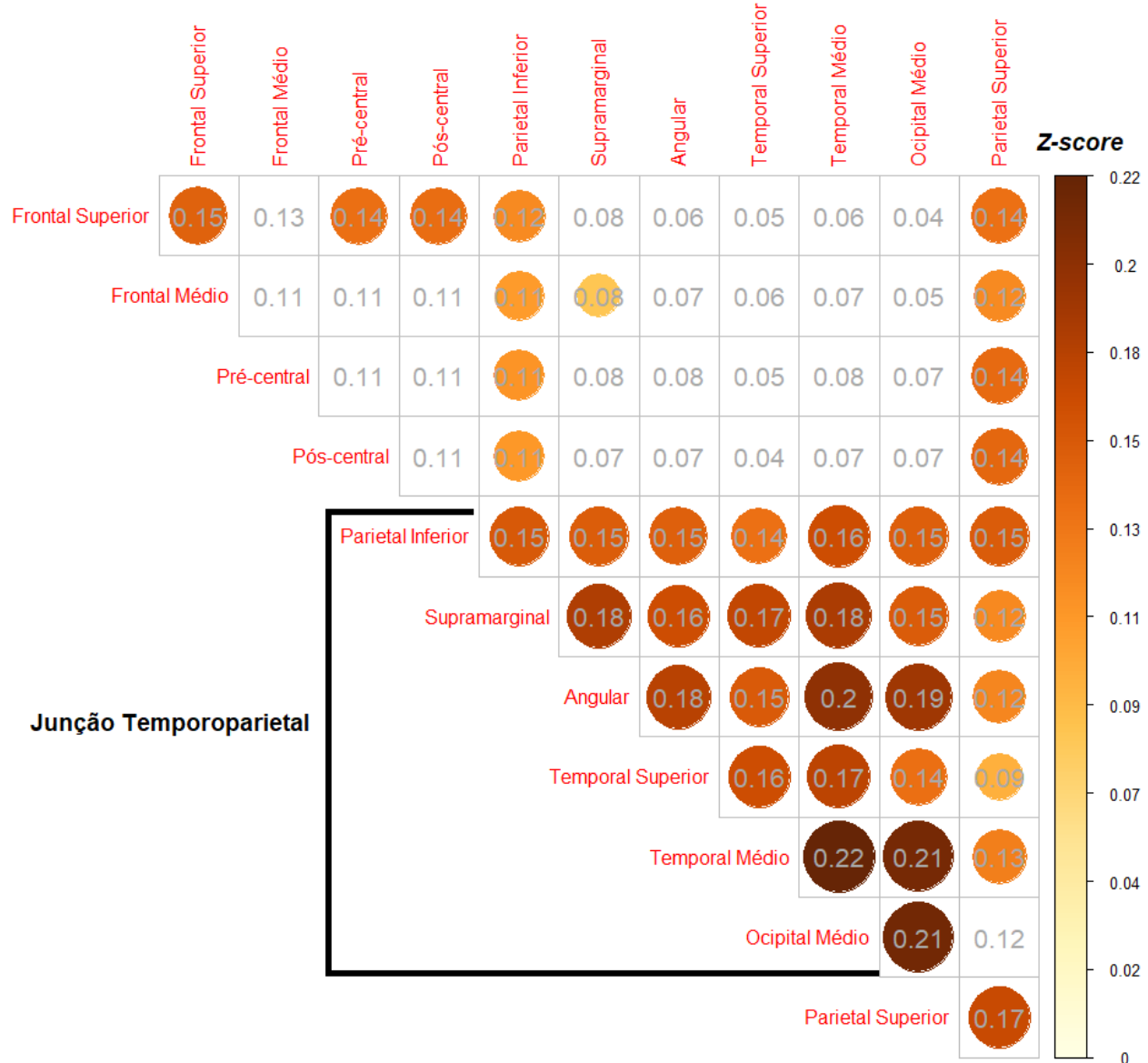


Figura 15: Conectividade entre ROIs na tarefa contínua com base na concentração de oxihemoglobina para as duplas de idosos, destacando as regiões da junção temporoparietal. Também houve conectividade entre outras regiões, como frontal superior e giros pós, pré-central e parietal superior. Os círculos representam as conectividades com p-valor corrigido $< 0,05$ e seus tamanhos são proporcionais aos valores da correlação transformada em *Z-score*.

Duplas de Jovens (Desoxihemoglobina)

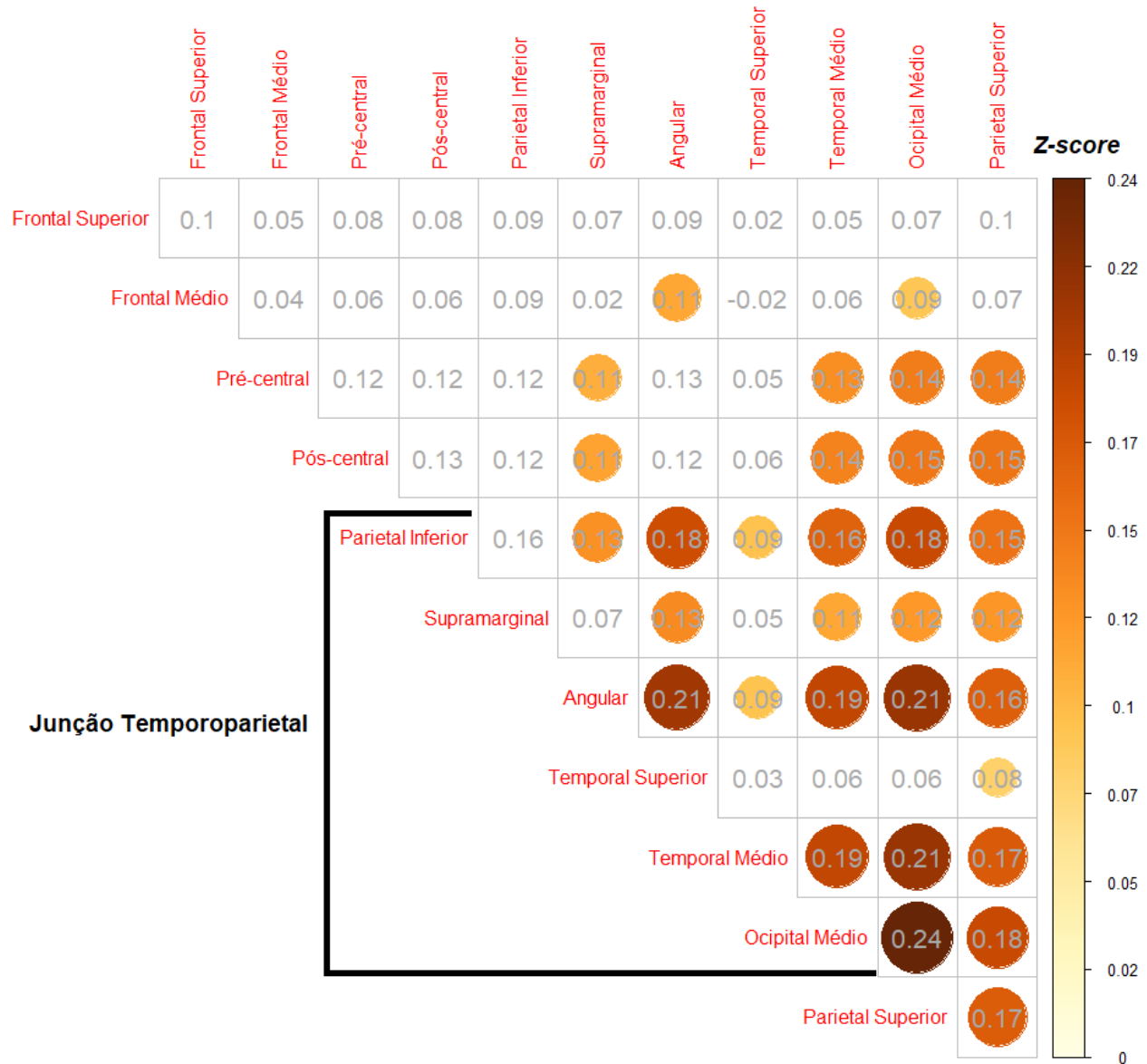


Figura 16: Conectividade entre ROIs na tarefa contínua com base na concentração de desoxihemoglobina para as duplas de jovens, destacando as regiões da junção temporoparietal. Também há conectividade entre regiões da junção temporoparietal e outras áreas, como nos giros pré, pós-central, frontal médio e parietal superior. Os círculos representam as conectividades com p-valor corrigido $< 0,05$ e seus tamanhos são proporcionais aos valores da correlação transformada em *Z-score*.

A análise da ROI da junção temporoparietal indicou resultados compatíveis com os anteriores, de forma que, de forma geral, a conectividade entre cérebros nessa região foi significativa tanto para a oxihemoglobina (média = 0,11; $t(47) = 3,61$; p-valor <0,001), quanto para a desoxihemoglobina (média = 0,08; $t(47) = 2,27$; p-valor = 0,028). Ao olhar separadamente os tipos de duplas, apenas as duplas de idosos mostraram conectividade significativa em relação à oxihemoglobina (DI: média = 0,19; $t(11) = 5,02$; p-valor < 0,001), sendo esta conectividade significativamente maior que a conectividade nas duplas de jovens (DJ: média = 0,14; $t(27,6) = 2,11$; p-valor = 0,044), Por outro lado, apenas as duplas de jovens mostraram conectividade significativa ao considerar a desoxihemoglobina (DJ: média = 0,09; $t(17) = 2,17$; p-valor = 0,045).

7 DISCUSSÃO

No presente estudo foram avaliados o desempenho, a atividade cerebral e medidas de conectividade entre cérebros de indivíduos que realizaram tarefa onde era necessária a cooperação. Questionários auto-aplicáveis sobre empatia foram respondidos pelos participantes, os quais foram divididos em duplas de acordo com a duas faixas etárias: jovens adultos entre 18 e 35 anos, e idosos entre 60 e 75 anos e duplas mistas (um adulto e um idoso). A seguir serão discutidos os resultados de acordo com as métricas apontadas e ao final de cada conjunto um resumo de considerações em relação aos três objetivos específicos desta tese.

7.1 Casuística

A amostra foi composta predominantemente por mulheres, o que condiz com estudos que apontam maior disposição de mulheres em pesquisas online (216,217), o que também tem sido observado em outros estudos online do nosso grupo com recrutamento aberto para ambos os sexos (218,219). Este é um fator importante, considerando o impacto que o gênero pode ter na cooperação em duplas (220). Contudo, a porcentagem de mulheres se mostrou pareada entre os grupos avaliados neste estudo, reduzindo o impacto desta variável nas comparações entre os tipos de duplas. Ainda assim, pode haver impacto associado ao número de duplas do mesmo sexo, em relação ao de duplas de sexos diferentes, dado que 75% das DM foram do mesmo sexo, comparados com 40 % das DJ.

Outra característica predominante na amostra foi a alta escolaridade, que de mostrou diferente entre grupos de jovens das DM e os jovens das DJ. Contudo, em ambos os casos, a escolaridade foi alta, com medianas acima de 16 anos de escolaridade (ensino superior). É possível que a diferença observada na escolaridade esteja relacionada à diferença de idade entre esses grupos, dado que ambas foram de mesma ordem. As demais variáveis demográficas estiveram pareadas entre os idosos das DM e idosos da DI e entre jovens das DM e jovens das DJ.

Porém, foram observadas diferenças entre faixas etárias quanto aos questionários de saúde (subescala de ansiedade do HADS e SRQ-20) e à avaliação cognitiva (MoCA). Esses resultados parecem alinhados com a literatura que sugere alto nível de ansiedade

na população de estudantes universitários (221). Esse grupo também se mostrou mais afetado após a pandemia de COVID-19, a qual teve um impacto global no aumento de ansiedade (222), o que também justifica a elevada taxa de exclusão na triagem deste estudo de acordo com quadros de depressão e/ou ansiedade, ou por valores altos nos questionários de triagem. A redução de desempenho em testes neuropsicológicos é um fenômeno esperado com o envelhecimento (223). É importante notar que, apesar da diferença estatística, as diferenças das medianas entre idosos e jovens foram, de apenas de um ponto na MoCA e no SRQ-20 e de um ponto e meio na HADS, abaixo dos valores sugeridos de diferença mínima clinicamente importante do MoCA, que seria de 1,22 a 2,15 para pacientes pós acidente vascular cerebral (224), e para a subescala de ansiedade da HADS, que seria de 3,8 para pacientes com lesão no manguito rotador (225). Dessa forma, essas diferenças não atingem o valor considerado clinicamente relevante em algumas condições e, considerando sua magnitude, podem não ter impacto nas demais análises do estudo.

Foram observadas diferenças na pontuação dos questionários de empatia entre os grupos etários, com idosos mostrando menor empatia nas diferentes escalas. Em especial em relação à tomada de perspectiva, consistente entre o Inventário de Empatia e a IRI. Também foi observada menor pontuação na subescala de dificuldades empáticas, que também apresenta uma característica cognitiva. Estes resultados essencialmente estão em linha com a literatura. Muitos estudos avaliaram empatia em idosos com uso de questionários e, apesar de haver inconsistências, de forma geral os resultados indicam que empatia no que refere à empatia cognitiva, a qual engloba ToM, tomada de perspectiva e outras características cognitivas da empatia é menor em idosos, enquanto a empatia afetiva parece não demonstrar diferenças (226). É importante diferenciar esses dois componentes da empatia, dado que a tarefa cooperativa aqui proposta deve exigir maior empatia cognitiva, para entender o planejamento e a forma de jogar o outro. O Inventário de Empatia ainda mostrou um efeito de redução do altruísmo. Este efeito é oposto ao reportado em meta-análise recente (137). Entretanto, sendo este um questionário desenvolvido no Brasil, sua comparação com a população mundial é limitada. Estudos com a população brasileira indicam que a o altruísmo medido por este inventário reduz com a idade, e que a maior escolaridade está associada com

maior altruísmo (227). Aqui observamos uma redução do altruísmo mesmo em participantes com alta escolaridade, quando comparado a participantes jovens também com alta escolaridade.

Em relação ao pareamento entre jovens e idosos das habilidades manuais, idosos apresentaram maior lentidão no teste motor do 9HPT para ambas as mãos, estando dentro dos dados normativos deste teste para essa faixa etária (195,196). Desta forma, o desempenho de nossa amostra é comparável com aquele obtido na aplicação (e desenvolvimento) desse teste. Fatores osteoarticulares e desteridade – além de cognitivos – podem explicar parcialmente a diferença de desempenho entre as faixas etárias. Para esta tese, a verificação de resultado semelhante à literatura é um reforço de que a amostra deste estudo parece realmente representar a população de referência para o teste 9HPT.

De forma consistente, idosos se deram menores notas para sua habilidade com teclado de computadores e de para suas habilidades em jogos, dado que ambos requerem controle motor fino, assim como o 9HPT (194). Estes resultados também estão alinhados com o maior uso de computador e celular pelos jovens, apesar de que o uso de teclado para jogos não se mostrou diferente entre os grupos. Curiosamente, não foi observada diferença de tempo de jogos entre as faixas etárias, como reportado por Diehl e col. (228). Porém, aqui nós medimos horas por dia, ao invés de horas por semana, o que pode ter impactado na sensibilidade desta pergunta. Além disso, Diehl e col. observaram menor frequência de jogos em mulheres entre os alunos de medicina, e nossa amostra foi formada predominantemente por mulheres. Essa diferença de hábitos e habilidades manuais pode impactar o desempenho no jogo cooperativo, ressaltando a importância do treinamento para ajudar a reduzir estes impactos. Ainda assim, estes fatores podem ter contribuído, mesmo em parte, para os resultados desta tese.

7.2 Desempenho das duplas na tarefa cooperativa

Os dados de desempenho estão de acordo com a nossa hipótese inicial de que o desempenho seria melhor nas duplas de jovens, tendo em vista que na tarefa contínua essas duplas completaram um número maior de labirintos e tiveram melhores resultados na proporção de teclas apertadas, teclas apertadas juntas e de voltas com resposta

válida. Na tarefa em blocos as duplas jovens também tiveram melhor desempenho, de acordo com a métrica de proporção de voltas com resposta válida. Esses resultados estão alinhados com a literatura, no sentido de que idosos apresentam menor desempenho em tarefas de ToM do que jovens (131–133,135).

Também foi corroborada a hipótese de que haveria uma melhora desse desempenho ao longo da tarefa contínua de cooperação, de acordo com as métricas de proporção de teclas apertadas e proporção voltas com resposta válida. Esta melhora foi observada de forma mais consistente nas duplas jovens, dado que este grupo foi o único que isoladamente mostrou evolução nas três métricas de proporção de respostas. Na tarefa em blocos também foi observada a evolução da proporção de respostas válidas, porém, sendo as duplas mistas as únicas que isoladamente mostraram evolução positiva significativa. Possivelmente, na tarefa em blocos as duplas já estariam mais entrosadas, havendo menos espaço para melhora do desempenho, especialmente nas duplas jovens, que já haviam apresentado uma evolução positiva na tarefa contínua. Estes resultados sugerem que a tarefa proposta é adequada para medir a cooperação e o entrosamento.

Alternativamente, as métricas de desempenho utilizadas podem não depender somente da interpretação a intenção do outro, mas também da resposta motora em si, conforme já comentado acima. Neste estudo, os idosos apresentaram pior desempenho no 9HPT, conforme esperado neste teste (229,230), assim como reportaram mais vezes que não era fácil controlar o jogo e terem menos hábitos e habilidade com computadores e jogos eletrônicos. A possibilidade de que o efeito motor esteja presente em nossos resultados está de acordo com a literatura sobre declínio motor com o envelhecimento (231). Ainda assim, acreditamos que a etapa treinamento utilizada no estudo visava reduzir possíveis efeitos puramente motores. Adicionalmente, a métrica de proporção de teclas juntas apresentou uma característica diferente das demais métricas, que dificilmente seria explicada por uma característica puramente motora, pois apenas o grupo de jovens mostrou aumento ao longo dos labirintos, sendo significativamente maior que a evolução nas duplas mistas, as quais apresentaram uma tendência de redução dessa métrica, apesar de não ter sido significativa. Além disso, apenas as duplas mistas tiveram uma evolução positiva na tarefa em blocos considerando a proporção de teclas

juntas. Esse resultado parece estar mais associado com a estratégia adotada, sugerindo que diferentes estratégias de cooperação foram utilizadas nas diferentes duplas e possivelmente a estratégia adotada pelas duplas mistas tenha mudado ao longo do experimento. Era esperado que as duplas fossem buscar apertar mais teclas simultâneas para otimizar o desempenho, caracterizando uma cooperação contínua e simultânea. Não obstante, é possível que algumas duplas tenham adotado uma estratégia semelhante a um jogo em turnos, ou seja, em que um voluntário espera que o outro faça seu movimento para então se mover.

Em ambas as estratégias, se a cooperação melhora, tanto a proporção de teclas apertadas quanto a de voltas com resposta válida aumentam, mas a proporção de teclas juntas só deve melhorar se a dupla decidir tentar controlar o objeto simultaneamente. Vale ressaltar que a cooperação em turnos também é uma forma válida de tentar cumprir o objetivo do jogo cooperativo, sendo dependente do entrosamento e da percepção da intenção do outro membro da dupla. Špiláková e col. observaram um comportamento semelhante ao comparar a execução de uma tarefa de construção cooperativa em turnos em relação à mesma tarefa realizada de forma contínua (232). Na tarefa utilizada nesse estudo, um participante construtor deve posicionar discos seguindo padrão pré-determinado, que depende de um ajudante que deve usar outro grupo de discos ocupando algumas posições específicas para que os discos do construtor possam se apoiar sobre si discos do ajudante para chegar às posições corretas. O desempenho dos participantes foi semelhante em relação à porcentagem de discos posicionados corretamente ao comparar a cooperação contínua e a cooperação em turnos. Por outro lado, na tarefa proposta em nosso estudo, a cooperação simultânea deveria ser a forma mais rápida de percorrer os labirintos, sendo em tese a melhor estratégia, dado que o foco principal era percorrer o labirinto no menor tempo possível. O diferente padrão na proporção de teclas juntas nas duplas mistas pode sugerir que este grupo tenha ficado mais tempo se adaptando e buscando a melhor forma de interação. Entretanto, há também um fator a ser considerado: a interação simultânea pode ser cognitivamente mais onerosa, pois o voluntário precisa considerar mais informações ao mesmo tempo nessa interação. Os idosos apresentaram menores pontuações no MoCA – ainda que tenha sido pequena a diferença para os jovens – e é possível que para este grupo seja

mais difícil adotar a estratégia de acionar as teclas de maneira simultânea, requerendo mais tempo para que desenvolvam essa estratégia ou simplesmente levando a adotarem outra estratégia. Estudos futuros poderiam avaliar de forma mais direta a estratégia usada pelas duplas e características diferentes dessas estratégias no jogo cooperativo.

Considerando as diferenças entre duplas de idosos e duplas mistas, as últimas, em geral, tiveram um melhor desempenho. Realizaram maior número de labirintos e também tiveram maior proporção de teclas apertadas e maior proporção de voltas com resposta válida do que as duplas de idosos na tarefa contínua. Assim, notamos que duplas com participantes de diferentes faixas etárias parecem ter interação positiva e mais eficiente, segundo as métricas aqui adotadas. Possivelmente, a conjunção de habilidades do integrante jovem, incluindo o melhor controle do jogo com o teclado, trás estas duplas vantagens em relação às duplas de idosos, em que os dois participantes podem ter dificuldades com o jogo, apontado pela pergunta sobre a dificuldade de controle do jogo. Este resultado é relevante pois refuta a hipótese alternativa de que, devido as diferenças relacionadas com o grupo etário, as duplas mistas não conseguiriam cooperar e se alinhar na tarefa, de forma que poderiam ter um desempenho ainda pior que a dupla de idosos.

7.3 Atividade cerebral na tarefa em blocos

De forma geral, foram encontradas atividade cerebrais nas regiões esperadas, incluindo a junção temporoparietal direita e regiões somatomotoras durante o bloco do jogo cooperativo. A tarefa de imitação mostrou também atividades nessas regiões, inclusive sendo maiores do que no bloco de jogo no giro angular e no giro temporal médio, com oxi e desoxihemoglobina apresentando resultados congruentes. Por um lado, conforme sistemas biológicos de imitação anteriormente propostos (233), era esperado que a imitação acionasse regiões frontais médias e inferiores, córtex motor, e regiões parietais posteriores, estando alinhada também com a teoria de neurônios espelho. Essa teoria é uma das alternativas para explicar parte da capacidade de atribuição de estados mentais, sendo associada a algumas regiões encontradas em experimentos em que a ToM foi estudada (77,79). Entretanto, em relação à cooperação, esperávamos que na condição de imitação houvesse menor atividade, pelo fato de não

ser uma interação direta, sem o desenvolvimento de uma estratégia conjunta com outra pessoa. Apenas reproduzir um movimento acarretaria menor atividade em parte das regiões de ToM, como a junção temporoparietal. Os resultados sugerem que a tarefa de imitação proposta apresenta outros fatores cognitivos que não foram antecipados na concepção desta condição. Por exemplo, a média geral das notas que os participantes se atribuíram durante a imitação foi de 4,8 contra 7,2 no bloco do jogo cooperativo, indicando que os voluntários tiveram maior dificuldade ou pior desempenho nessa tarefa.

A dificuldade em realizar a imitação poderia estar associada à dificuldade de perceber o planejamento do movimento gravado, dado que este não se adaptava ao participante, como acontecia no jogo cooperativo. Tendo em mente a importância do feedback visual para o aprendizado motor (234), outra possibilidade relacionada é a falta de feedback nesta condição, dado que o voluntário não causava nenhuma alteração ao apertar as teclas durante a imitação. Somados esses efeitos levam a um maior esforço e, conseqüentemente, maior atividade cerebral na tarefa de imitação. Outra limitação do paradigma proposto é o pareamento do desempenho das condições gravadas com o desempenho da dupla, pois, apesar de parte dos movimentos mostrados aos participantes serem os movimentos dos labirintos executados na tarefa contínua, era necessário que ao menos 4 labirintos fossem jogados por pelo menos 1 minuto para que todos os movimentos apresentados nos blocos de observação e de imitação fossem da própria dupla. Como 32 das 56 duplas nem chegaram a iniciar o quarto labirinto, na maioria dos participantes foram utilizados de forma complementar os dados de movimentação gravados entre uma dupla de jovens adultos, sendo um com familiaridade com a tarefa proposta. Isso indica que o movimento observado possa ter sido melhor do que a média de desempenho das duplas, sendo também mais difícil para os participantes imitarem um movimento mais rápido. Essa dificuldade pode levar a menor número de respostas motoras dos voluntários durante a imitação, por não acompanharem o movimento. Isso pode explicar a maior atividade observada na tarefa cooperativa em regiões motoras como os giros pré e pós-centrais. Neste sentido, nos parece que a tarefa de imitação proposta se mostrou inadequada como uma condição controle. Pelos resultados, é provável que os voluntários tenham utilizado recursos além da condição experimental de interesse. Assim, não apenas o efeito da interação direta representava

a diferença entre as condições de cooperação e imitação, mas também a diferença de dificuldade, que parece ter sido maior na imitação. Estudos futuros podem ajustar esta tarefa para que a dificuldade seja comparável à condição de cooperação.

Ao avaliarmos as diferenças entre os tipos de duplas, as duplas de jovens apresentaram redução da atividade no giro frontal médio, no giro temporal médio, no giro angular e em região occipital durante o jogo cooperativo em relação à condição de observação, mostrando resultados significativamente diferentes das demais duplas nestas regiões. Desta forma, não verificamos a nossa hipótese original, em que era esperado melhor desempenho associado com maior atividade. Acreditamos que, como observado por Maysless e col. (117), a performance em ao longo de uma tarefa cooperativa possa estar relacionada com a familiarização entre os participantes, de forma que precisem menos buscar inferir sobre a intenção do outro para se adaptar e realizar a tarefa. Naquele estudo, associada à melhora do desempenho, houve redução de sincronia entre os cérebros, que também poderia ser refletida em menor atividade cerebral – justamente o que foi observado neste estudo. Neste sentido, os dados comportamentais se mostram alinhados, pois as duplas de jovens tiveram a evolução mais destacada durante a tarefa contínua e não apresentaram isoladamente evolução na tarefa em blocos, possivelmente indicando que haviam atingido o teto de desempenho. Alternativamente, lembramos que esses resultados foram observados apenas para a oxihemoglobina, podendo sugerir algum outro efeito não necessariamente neural influenciado os resultados. Apesar de possível, é importante considerar que esta última hipótese nos parece menos provável, dado que a direção dos resultados de desoxihemoglobina foi em geral semelhante.

Os resultados de desoxihemoglobina apontaram para algumas áreas que tiveram maior atividade no jogo cooperativo do que no jogo de imitação nas duplas mistas e nas duplas de idosos, incluindo o giro supramarginal e parte do giro pós-central. O giro supramarginal foi proposto como uma das áreas envolvidas em tarefas implícitas de teoria da mente (235). Nesse tipo de tarefa, o participante é instruído a dar respostas baseadas em características que não dependam de ToM (e.g. apertar o botão o mais rápido possível ao ver um objeto sair ou entrar na cena), mas a situação em que a tarefa acontece tem uma característica de ToM (e.g. existe personagem um observador que

em alguns momentos vê a movimentação e um objeto que pode se esconder sendo visto ou não pelo observador, gerando uma convicção falsa), de forma que essa informação é processada sem intenção, de forma implícita. O giro supramarginal também foi associado à memória de trabalho e ao processamento visuoespacial (236,237). Nesse sentido, é possível que a tarefa cooperativa proposta engaje regiões do processamento visuoespacial, assim como de ToM implícita, dado que o comportamento do outro deve ser rastreado, mesmo que a pessoa não precise atribuir explicitamente um estado mental para sua dupla. Dessa forma, os resultados observados nas duplas de idosos e nas duplas mistas indicam que a tarefa, apesar das limitações da condição controle, foi capaz de eliciar um possível efeito exclusivo na interação contínua, associado ao processamento visuoespacial e, possivelmente, à ToM implícita.

Como resultado consistente entre oxi e desoxihemoglobina, os giros pré e pós centrais, assim como parte mais posterior do giro frontal superior se mostraram mais ativas nas duplas mistas do que nas duplas de idosos. Possivelmente, este efeito se relaciona com a melhora de desempenho neste grupo ao longo da tarefa em blocos, conforme sugerido pela evolução de teclas juntas neste grupo. Um efeito simples motor de maior aperto de teclas não parece explicar esse efeito, dado que o grupo que apertou o maior número de teclas foi o de duplas jovens, que não mostrou diferenças nas regiões motoras em relação aos demais grupos. Uma explicação mais provável é que o grupo de idosos precise de maior recrutamento das regiões motoras para conseguir realizar a tarefa cooperativa de forma conjunta e simultânea com as duplas de jovens, para ter o desempenho motor de forma a acompanhar os jovens. A ideia de compensação funcional motora já foi proposta anteriormente no processo de envelhecimento saudável, com base em dados de tomografia por emissão de pósitrons e de fMRI (238).

7.4 Conectividade entre cérebros

A conectividade entre cérebros durante o jogo cooperativo se mostrou significativa entre regiões da junção temporoparietal, conforme era esperado devido à função dessa área para ToM e para interação social (86,112,235,239), estando de acordo com estudos que avaliaram a conectividade com fNIRS durante cooperação (111,240,241). Essa conectividade foi observada nas duplas como um todo, tanto para oxi e

desoxihemoglobina, sendo também detectada nas duplas de jovens e nas duplas de idosos isoladamente, mesmo que de forma menos consistente considerando as variações de entre oxi e deoxihemoglobina. Apesar de não ter mostrado de forma independente conectividade, as duplas mistas não mostraram diferença em relação às demais duplas. Este resultado reforça os resultados comportamentais de que a interação cooperativa entre duplas de pessoas com idades diferentes não foi pior, e sugere que a sincronia entre cérebros também pode ser estabelecida. Este é um resultado importante considerando a tendência mundial de envelhecimento populacional (242), associado também a problemas de isolamento social em idosos (243). Dessa forma, parece que não há um fator cerebral limitante na interação entre jovens e idosos, podendo ser interessante buscar maiores incentivos para a convivência de pessoas de diferentes faixas etárias, considerando os benefícios que da interação social (33).

Entretanto, a relação entre as métricas de conectividade e o desempenho, tampouco sua evolução durante a tarefa, como era a hipótese original, baseada em estudos prévios que encontraram evolução da sincronia entre cérebros relacionada com o desempenho na tarefa cooperativa (118). É possível que a conectividade entre as junções temporoparietais esteja relacionada à busca de interpretação do outro, no sentido de cooperar, criar a estratégia conjunta da dupla, mas que o comportamento na tarefa proposta aqui não esteja diretamente relacionado a essa busca de alinhamento. Por exemplo, é possível que ambos os participantes entendam a forma de jogar de sua dupla, mas não conseguiram seguir a estratégia do outro ou criar uma estratégia compatível. Nesse sentido, pode ser que outras regiões cerebrais estejam envolvidas e relacionadas com o desempenho em si, inclusive regiões pré-frontal medias, considerando a necessidade de desenvolvimento de estratégia (244), e também regiões subcorticais importantes para o controle motor, como os núcleos da base (245). Nesse sentido, outro fator que pode dificultar a relação entre desempenho e conectividade é que a necessidade de interpretação do outro para a execução da tarefa pode variar ao longo do tempo, se considerarmos que as duplas, quando entrosadas, não têm a necessidade de se esforçar e pensar explicitamente na melhor forma de interagir. Isso estaria alinhado com o estudo de Mayseless e col. no qual uma diminuição da sincronia entre cérebros foi observada ao longo de uma tarefa colaborativa de criatividade, o que

pode ser explicado pela menor necessidade de interpretação do outro ao longo da tarefa (117). No jogo de labirinto proposto, essa mudança pode não ser linear, considerando as variações dos labirintos, que possuem momentos mais inclinados e mais estreitos e trechos mais amplos e mais verticais, ou horizontais, em que o desempenho pode ser menos relacionado com a interpretação do outro e, portanto, menos relacionados com a conectividade na junção temporoparietal. É possível que o tempo de realização da tarefa possa ter sido insuficiente para caracterizar especificamente este fenômeno, de maneira que para estudos futuros pode ser interessante permitir tempo maior ou modificar a instrução para favorecer a busca de entrosamento de maneira a aprofundar o estudo deste componente.

A maior conectividade entre junções temporoparietais observadas nas duplas de idosos, em comparação com as duplas de jovens, é contrária à nossa hipótese original e aponta no sentido de que a conectividade não está associada à forma em que o desempenho foi medido no jogo. É possível que contribua o fato dos idosos terem menor empatia quanto à tomada de perspectiva, o qual pode sugerir que eles precisem de maior esforço para conseguir desempenhar a tarefa. Essa hipótese de esforço devido à dificuldade é compatível com fato de que os idosos reportaram com mais frequência que não era fácil controlar o jogo. Resultados condizentes foram observados quanto à conectividade entre junções temporoparietais de duplas de indivíduos pouco criativos, que apresentaram era maior sincronia durante uma tarefa de criatividade conjunta do que em duplas de indivíduos mais criativos (241). Nesta linha, deve-se considerar que jovens podem ter atingido entrosamento de forma mais rápida, dada a maior habilidade motora e para jogos aqui observada. Desta forma, os jovens precisariam de menor esforço para interpretar sua dupla refletindo em menor conectividade entre as junções temporoparietais.

Alternativamente, lembramos também que esta diferença somente foi observada para a concentração de oxihemoglobina, podendo ser, em parte, uma mudança ou diferença no acoplamento neurovascular mais evidente nas duplas de idosos. Estudos anteriores sugerem que a relação negativa entre a concentração de oxi e de desoxihemoglobina diminui com o envelhecimento, e que a relação entre resposta neural e concentração parece mais afetada no caso da desoxihemoglobina, ao menos ao avaliar

efeitos no córtex visual (246). Sendo assim, é necessário ter cautela com os resultados encontrados apenas com base na concentração de oxihemoglobina. Por outro lado, é possível que valores de maiores de conectividade com a concentração de oxihemoglobina sejam associados a respostas autonômicas, ou sistêmicas, que também podem se sincronizam entre as pessoas que estão cooperando, conforme observado por medidas de condutância de pele (93). Está é uma hipótese alternativa que poderá ser melhor investigada em experimentos específicos, apesar de que uma meta-análise recente indicou que o efeito da sincronia autonômica no desempenho é pequeno, sugerindo que a variabilidade das técnicas e de suas relações com características do sistema cerebral avaliado limitem os achados observados em publicações que façam o uso destas técnicas (247).

7.5 Limitações da tese

Foram observadas atividades em regiões motoras e da junção temporoparietal direita durante a execução da tarefa cooperativa, especialmente nas duplas de idosos, assim como conectividade entre cérebros em regiões da junção temporoparietal direita. Neste estudo, a correlação de Spearman foi escolhida por considerarmos que na interação contínua deveria haver uma oscilação de fato simultânea dos sinais. Contudo, pode ser que essa oscilação dependa do papel adotado por cada membro da dupla ao longo da cooperação. Por exemplo, os voluntários indicaram na maioria das vezes que ambos se intercalavam liderando durante a cooperação. Considerando que pode haver uma defasagem, possivelmente associada a uma causalidade entre o sinal do líder para o seguidor, pode ser que a fase da relação entre os sinais cerebrais oscilou durante a tarefa, o que impactaria a análise de conectividade.

Outro fator que pode ter influenciado os resultados é que as duplas mistas tiveram um número maior de duplas em que ao menos um voluntário estava participando pela segunda vez, sendo que apenas as duplas mistas tiveram duplas completamente formadas por voluntários em sua segunda participação. Isso pode justificar o comportamento destas duplas ser melhor em algumas métricas que o comportamento das duplas de idosos. Porém, o intervalo dado entre a primeira e a segunda participação, que foi de ao menos 6 meses, o que sugere que pouca chance de efeito de aprendizado

significativo. A ideia original do estudo para a repetição da participação era que os voluntários participassem em dois tipos de duplas, reduzindo a variabilidade entre os grupos ao permitir a comparação de um mesmo participante com uma dupla da mesma faixa etária e com uma dupla mista. Contudo, devido ao contexto da pandemia, que restringiu o recrutamento de idosos e também acarretou reformas no setor de coleta de dados de pesquisa inviabilizaram a execução desta proposta.

Quando ao pareamento das duplas, a principal limitação foi a combinação de pessoas do mesmo sexo ou de sexos diferentes. As duplas mistas foram em sua maioria duplas do mesmo sexo, enquanto 60% das duplas de idosos foram de sexos diferentes. Alguns estudos indicaram efeitos da combinação de sexo ou de gênero no desempenho e na conectividade entre cérebros (27,220,248,249). Porém, nesses estudos, os participantes sabiam com quem estavam interagindo. No presente estudo os participantes não recebiam nenhuma informação sobre sua dupla, e apenas interagiam pelo jogo de computador, estando em salas diferentes. Esse procedimento deve reduzir os efeitos da combinação de gêneros. Não foi feita avaliação cuidadosa de gênero, apenas foi usado um item para indicar o sexo do participante.

7.6 Direcionamentos futuros

A partir dos resultados desta tese, estudo futuros também podem aplicar a tarefa cooperativa proposta para avaliar a cooperação em grupos diferentes, tanto com outras faixas etárias ou mesmo grupos clínicos como do espectro autista. Também podem ser feitos ajustes nos labirintos utilizados de forma a ajustar a dificuldade e a duração média para percorrê-lo, o que permitiria melhor ajuste para janelas de tempo para conectividade entre cérebros.

Outras análises também podem ser aplicadas à tarefa cooperativa proposta. Por exemplo, uma técnica alternativa seria a coerência por ondaletas (*wavelets* em inglês), que destaca a relação das frequências dos sinais avaliados. Adotar diferentes métricas de análise que sejam avaliadas diferentes características ajudariam a criar um quadro mais completo da conectividade durante a cooperação, permitindo avaliar efeitos de mudança de fase dos sinais, causalidade e direcionalidade entre os sinais. Complementarmente,

controlar de forma mais contínua quem está liderando durante a tarefa pode ser relevante em estudos futuros.

Outro potencial da tarefa proposta é estudar vieses que surgem quando sabemos com quem estamos cooperando e como isso se relaciona com a atividade e com a conectividade cerebral. Isto poderia ser realizado tanto por comparar pessoas que são apresentadas umas para as outras antes de jogar, ou colocando as duplas na mesma sala para jogar o jogo, e comparar com quando jogam em sala diferentes sem informações uns dos outros. Também poderia ser mantido o jogo em salas diferentes, mas controlado de forma simulada de forma a dizer ao indivíduo o gênero idade e outras características de interesse do estudo da pessoa com quem o indivíduo está interagindo, mas em metade dos casos as informações condizem com as pessoas e na outra metade não.

A tarefa cooperativa proposta também permite estudar a variantes da cooperação com comunicação direta e sem comunicação direta – este último foi o caso estudado no presente estudo. Por exemplo, podem ser comparadas duplas com comunicação verbal com duplas que apenas interagem pelo jogo, assim como duplas que podem manter uma comunicação visual.

8 CONCLUSÕES

A tarefa cooperativa proposta nesta tese se mostrou adequada para estudar o comportamento cooperativo e sua evolução em duplas de diferentes faixas etárias. Referente aos objetivos específicos desta tese, podemos concluir que:

- I. O desempenho das duplas de jovens foi melhor que os das demais duplas, apresentando de forma consistente a evolução ao longo da tarefa contínua, enquanto duplas mistas mostraram evolução da proporção de teclas juntas na tarefa em blocos, tendo um desempenho intermediário em geral. De forma conjunta, esses resultados sugerem que a cooperação concomitante é mais eficiente em duplas de jovens, mas que duplas mistas e, em um menor nível, duplas de idosos conseguem desenvolver a cooperação ao longo do jogo.
- II. As regiões da junção temporoparietal direita, assim como regiões somatomotoras direitas foram ativadas durante a tarefa cooperativa em blocos, especialmente em duplas de idosos e duplas mistas. As mesmas áreas tradicionalmente associadas à cooperação em adultos tiveram atividades nas duplas mistas e nas duplas de idosos. Porém, ao considerar a redução de atividade na porção posterior da junção temporoparietal direita das duplas jovens, esta pode estar mais associada à tentativa de perceber as intenções ou o planejamento do outro, do que de fato ao estar entrosado, com bom desempenho com sua dupla.
- III. Foi encontrada conectividade entre os cérebros de duas pessoas durante cooperação, principalmente em áreas da junção temporoparietal direita. Não foi observada evolução linear desta conectividade, nem correlação com o comportamento em cada labirinto. Foi observada maior conectividade entre junções temporoparietais nas duplas de idosos do que nas duplas jovens. Estes resultados sugerem, de forma semelhante à análise de atividade cerebral, que a conectividade entre cérebros pode estar associada à busca de entendimento da intenção e à tentativa de entrosamento com o outro membro da dupla, mas não diretamente ao desempenho cooperativo, que pode depender de outros fatores.

REFERÊNCIAS

1. Beckmann CF, DeLuca M, Devlin JT, Smith SM. Investigations into resting-state connectivity using independent component analysis. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* [Internet]. 29 de maio de 2005 [citado 19 de fevereiro de 2014];360(1457):1001–13. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1854918&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
2. Damoiseaux J. Consistent resting-state networks across healthy subjects. *Proceedings of the ...* [Internet]. 2006 [citado 27 de fevereiro de 2014];(2). Disponível em: <http://www.pnas.org/content/103/37/13848.short>
3. de Luca M, Beckmann CF, de Stefano N, Matthews PM, Smith SM. fMRI resting state networks define distinct modes of long-distance interactions in the human brain. *Neuroimage* [Internet]. 15 de fevereiro de 2006 [citado 20 de fevereiro de 2014];29(4):1359–67. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16260155>
4. Biswal B. Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar mri. *Magnetic resonance ...* [Internet]. 1995 [citado 6 de março de 2014];(9):537–41. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mrm.1910340409/full>
5. Jiang T, He Y, Zang Y, Weng X. Modulation of functional connectivity during the resting state and the motor task. *Hum Brain Mapp* [Internet]. maio de 2004 [citado 7 de março de 2012];22(1):63–71. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15083527>
6. Lee JK, Cho ACB, Andrews DS, Ozonoff S, Rogers SJ, Amaral DG, et al. Default mode and fronto-parietal network associations with IQ development across childhood in autism. *J Neurodev Disord* [Internet]. 1º de dezembro de 2022 [citado 3 de julho de 2023];14(1):1–10. Disponível em: <https://jneurodevdisorders.biomedcentral.com/articles/10.1186/s11689-022-09460-y>
7. Smitha KA, Akhil Raja K, Arun KM, Rajesh PG, Thomas B, Kapilamoorthy TR, et al. Resting state fMRI: A review on methods in resting state connectivity analysis

- and resting state networks. *Neuroradiology Journal* [Internet]. 1º de agosto de 2017 [citado 3 de julho de 2023];30(4):305–17. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1971400917697342>
8. Martynova O V., Sushinskaya-Tetereva AO, Balaev V V., Ivanitskii AM. Correlation between the Functional Connectivity of Brain Areas Active in the Resting State with Behavioral and Psychological Indicators. *Neurosci Behav Physiol* [Internet]. 1º de novembro de 2017 [citado 3 de julho de 2023];47(9):1128–39. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11055-017-0520-1>
 9. Bazán PR, Biazoli CE, Sato JR, Amaro E. Motor Readiness Increases Brain Connectivity Between Default-Mode Network and Motor Cortex: Impact on Sampling Resting Periods from fMRI Event-Related Studies. *Brain Connect.* 2015;5(10).
 10. Schurz M, Maliske L, Kanske P. Cross-network interactions in social cognition: A review of findings on task related brain activation and connectivity. *Cortex.* 1º de setembro de 2020;130:142–57.
 11. Ossandón T, Jerbi K, Vidal JR, Bayle DJ, Henaff MA, Jung J, et al. Transient suppression of broadband gamma power in the default-mode network is correlated with task complexity and subject performance. *J Neurosci* [Internet]. 12 de outubro de 2011 [citado 11 de abril de 2012];31(41):14521–30. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21994368>
 12. Sala-Llonch R, Peña-Gómez C, Arenaza-Urquijo EM, Vidal-Piñeiro D, Bargalló N, Junqué C, et al. Brain connectivity during resting state and subsequent working memory task predicts behavioural performance. *Cortex* [Internet]. 5 de agosto de 2011 [citado 6 de março de 2012];1–10. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21872853>
 13. Petti M, Toppi J, Babiloni F, Cincotti F, Mattia D, Astolfi L. EEG Resting-State Brain Topological Reorganization as a Function of Age. *Comput Intell Neurosci* [Internet]. 2016 [citado 23 de novembro de 2022];2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27006652/>
 14. La Corte V, Sperduti M, Malherbe C, Vialatte F, Lion S, Gallarda T, et al. Cognitive decline and reorganization of functional connectivity in healthy aging: The pivotal

- role of the salience network in the prediction of age and cognitive performances. *Front Aging Neurosci.* 2016;8(AUG):204.
15. Voytek B, Knight RT. Dynamic network communication as a unifying neural basis for cognition, development, aging, and disease. *Biol Psychiatry* [Internet]. 2015;77(12):1089–97. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.04.016>
 16. Montague P. Hyperscanning: Simultaneous fMRI during Linked Social Interactions. *Neuroimage* [Internet]. agosto de 2002 [citado 22 de março de 2012];16(4):1159–64. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S105381190291150X>
 17. Tononi G. An information integration theory of consciousness. *BMC Neurosci* [Internet]. 2 de novembro de 2004 [citado 8 de julho de 2014];5:42. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=543470&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 18. Tononi G. Information integration: its relevance to brain function and consciousness. *Arch Ital Biol* [Internet]. setembro de 2010;148(3):299–322. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21175016>
 19. Tononi G. Consciousness as integrated information: a provisional manifesto. *Biol Bull* [Internet]. 2008 [citado 7 de maio de 2014];(December):216–42. Disponível em: <http://www.biolbull.org/content/215/3/216.short>
 20. Werner G. Consciousness related neural events viewed as brain state space transitions. *Cogn Neurodyn* [Internet]. março de 2009 [citado 25 de março de 2012];3(1):83–95. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2645498&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 21. Lundervold A. On consciousness, resting state fMRI, and neurodynamics. *Nonlinear Biomed Phys* [Internet]. janeiro de 2010;4 Suppl 1(1):S9. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2880806&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 22. Dumas G. Towards a two-body neuroscience. *Commun Integr Biol.* 2011;4(3):349–52.

23. Toppi J, Borghini G, Petti M, He EJ, De Giusti V, He B, et al. Investigating Cooperative Behavior in Ecological Settings: An EEG Hyperscanning Study. Yao D, organizador. PLoS One [Internet]. 28 de abril de 2016;11(4):e0154236. Disponível em: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0154236>
24. Lindenberger U, Li SC, Gruber W, Müller V. Brains swinging in concert: cortical phase synchronization while playing guitar. BMC Neurosci. 2009;10:22.
25. Pan Y, Novembre G, Song B, Li X, Hu Y. Interpersonal synchronization of inferior frontal cortices tracks social interactive learning of a song. Neuroimage. 2018;183(November 2017):280–90.
26. Cheng X, Li X, Hu Y. Synchronous brain activity during cooperative exchange depends on gender of partner: A fNIRS-based hyperscanning study. Hum Brain Mapp. 2015;36(6):2039–48.
27. Baker JM, Liu N, Cui X, Vrticka P, Saggat M, Hosseini SMH, et al. Sex differences in neural and behavioral signatures of cooperation revealed by fNIRS hyperscanning. Sci Rep [Internet]. 2016;6(May):26492. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/srep26492>
28. Kiss HJM, Mihalik Á, Nánási T, Ory B, Spiró Z, Soti C, et al. Ageing as a price of cooperation and complexity: Self-organization of complex systems causes the gradual deterioration of constituent networks. BioEssays. 2009;31(6):651–64.
29. Calso C, Besnard J, Allain P. Study of the theory of mind in normal aging: focus on the deception detection and its links with other cognitive functions. <https://doi.org/10.1080/1382558520191628176> [Internet]. 3 de maio de 2019 [citado 3 de julho de 2023];27(3):430–52. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13825585.2019.1628176>
30. Goldstein TR, Winner E. Enhancing Empathy and Theory of Mind. Journal of Cognition and Development [Internet]. janeiro de 2012 [citado 3 de julho de 2023];13(1):19–37. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=hjcd20>

31. Hula A, Moutoussis M, Will GJ, Kokorikou D, Reiter AM, Ziegler G, et al. Multi-Round Trust Game Quantifies Inter-Individual Differences in Social Exchange from Adolescence to Adulthood. *Computational Psychiatry*. 2021;5(1):102–18.
32. Balconi M, Venturella I, Fronda G, Vanutelli ME. Leader-employee emotional “interpersonal tuning”. An EEG coherence study. <https://doi.org/10.1080/1747091920191696226> [Internet]. 3 de março de 2019 [citado 19 de novembro de 2022];15(2):234–43. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17470919.2019.1696226>
33. Forlini C, Hall W. A prospectus for ethical analysis of ageing individuals’ responsibility to prevent cognitive decline. *Bioethics* [Internet]. 1º de novembro de 2017 [citado 3 de julho de 2023];31(9):657–65. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bioe.12387>
34. Lammer L, Beyer F, Luppa M, Sanders C, Baber R, Engel C, et al. Impact of social isolation on grey matter structure and cognitive functions: A population-based longitudinal neuroimaging study. *Elife* [Internet]. 20 de junho de 2023 [citado 3 de julho de 2023];12. Disponível em: <https://elifesciences.org/articles/83660>
35. Cacioppo JT, Berntson GG. Social psychological contributions to the decade of the brain. Doctrine of multilevel analysis. *Am Psychol* [Internet]. agosto de 1992 [citado 19 de novembro de 2022];47(8):1019–28. Disponível em: </fulltext/1992-42900-001.html>
36. Berntson GG, Cacioppo JT. Psychobiology and Social Psychology: Past, Present, and Future. *Personality and Social Psychology Review* [Internet]. 21 de fevereiro de 2000 [citado 19 de novembro de 2022];4(1):3–15. Disponível em: http://journals.sagepub.com/doi/10.1207/S15327957PSPR0401_2
37. Kravitz DA, Martin B. Ringelmann Rediscovered. The Original Article. *J Pers Soc Psychol*. 1986;50(5):936–41.
38. Ringelmann M. Recherches sur les moteurs animés: Travail de l’homme. *Annales de l’Institut National Agronomique*. 1913;12:1–40.
39. Triplett N. The Dynamogenic Factors in Pacemaking and Competition. *Am J Psychol*. julho de 1898;9(4):507.

40. Baumeister RF, Bushman BJ. Social psychology and human nature [Internet]. 5th editio. CENGAGE Learning. Boston SE -: Cengage; 2021. Disponível em: <https://worldcat.org/title/1227221942>
41. Lewin K. Experiments in Social Space (1939). Em: Resolving social conflicts and field theory in social science [Internet]. Washington: American Psychological Association; 1939. p. 59–67. Disponível em: <http://content.apa.org/books/10269-005>
42. Ross L, Lepper M, Ward A. History of Social Psychology: Insights, Challenges, and Contributions to Theory and Application. Em: Handbook of Social Psychology [Internet]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2010 [citado 10 de junho de 2023]. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9780470561119.socpsy001001>
43. Dewsbury DA. “Psychobiology.” American Psychologist [Internet]. 1991;46(3):198–205. Disponível em: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0003-066X.46.3.198>
44. Birbaumer N, Flor H. Psychobiology. 1998;
45. Cacioppo JT, Berntson GG, Sheridan JF, McClintock MK. Multilevel integrative analyses of human behavior: social neuroscience and the complementing nature of social and biological approaches. Psychol Bull [Internet]. 2000 [citado 19 de novembro de 2022];126(6):829–43. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11107878/>
46. Cacioppo JT, Ernst JM, Burleson MH, McClintock MK, Malarkey WB, Hawkley LC, et al. Lonely traits and concomitant physiological processes: The MacArthur social neuroscience studies. International Journal of Psychophysiology [Internet]. 1º de março de 2000 [citado 19 de novembro de 2022];35(2–3):143–54. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10677643/>
47. CACIOPPO JT. Social neuroscience: Autonomic, neuroendocrine, and immune responses to stress. Psychophysiology [Internet]. 1º de março de 1994 [citado 19 de novembro de 2022];31(2):113–28. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8986.1994.tb01032.x>

48. Lieberman MD. Social Cognitive Neuroscience: A Review of Core Processes. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405085654> [Internet]. 6 de dezembro de 2006 [citado 19 de novembro de 2022];58:259–89. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.psych.58.110405.085654>
49. Ochsner KN, Lieberman MD. The emergence of social cognitive neuroscience. *American Psychologist* [Internet]. 2001 [citado 19 de novembro de 2022];56(9):717–34. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/journals/amp/56/9/717>
50. Overview | Brain Initiative [Internet]. [citado 19 de novembro de 2022]. Disponível em: <https://braininitiative.nih.gov/about/overview>
51. Human Brain Project & EBRAINS [Internet]. [citado 19 de novembro de 2022]. Disponível em: <https://www.humanbrainproject.eu/en/about-hbp/human-brain-project-ebrains/>
52. About us | International Brain Initiative [Internet]. [citado 19 de novembro de 2022]. Disponível em: <https://www.internationalbraininitiative.org/about-us>
53. BROTHERS L. The social brain: a project for integrating primate behavior and neuropsychology in a new domain. *Concepts in Neuroscience* [Internet]. 1990 [citado 11 de junho de 2023];1:27–51. Disponível em: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1572543024912103552>
54. Humphrey NK. The social function of intellect. Em: *Growing points in ethology*. Oxford, England: Cambridge U Press; 1976.
55. Byrne RW, Whiten A, organizadores. *Machiavellian intelligence: Social expertise and the evolution of intellect in monkeys, apes, and humans*. Machiavellian intelligence: Social expertise and the evolution of intellect in monkeys, apes, and humans. New York, NY, US: Clarendon Press/Oxford University Press; 1988. xiv, 413–xiv, 413.
56. Jolly A. Lemur social behavior and primate intelligence. *Science* [Internet]. 1966 [citado 11 de junho de 2023];153(3735):501–6. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5938775/>
57. Premack D, Woodruff G. Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences* [Internet]. 1978 [citado 19 de novembro de 2022];1(4):515–26.

- Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/behavioral-and-brain-sciences/article/does-the-chimpanzee-have-a-theory-of-mind/1E96B02CD9850016B7C93BC6D2FEF1D0>
58. Wimmer H, Perner J. Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*. 1º de janeiro de 1983;13(1):103–28.
 59. Dunbar RIM. The social brain hypothesis. *Evol Anthropol*. 1998;6(5):178–90.
 60. Dunbar RIM. The social brain meets neuroimaging. *Trends Cogn Sci [Internet]*. 2012;16(2):101–2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2011.11.013>
 61. Fletcher PC, Happé F, Frith U, Baker SC, Dolan RJ, Frackowiak RSJ, et al. Other minds in the brain: a functional imaging study of “theory of mind” in story comprehension. *Cognition*. 1995;57(2):109–28.
 62. Frith U, Frith CD. Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences [Internet]*. 3 de março de 2003 [citado 19 de novembro de 2022];358(1431):459. Disponível em: </pmc/articles/PMC1693139/?report=abstract>
 63. Gallagher HL, Happé F, Brunswick N, Fletcher PC, Frith U, Frith CD. Reading the mind in cartoons and stories: An fMRI study of “theory of mind” in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*. 2000;38(1):11–21.
 64. Rowe AD, Bullock PR, Polkey CE, Morris RG. ‘Theory of mind’ impairments and their relationship to executive functioning following frontal lobe excisions. *Brain [Internet]*. 1º de março de 2001 [citado 20 de novembro de 2022];124(3):600–16. Disponível em: <https://academic.oup.com/brain/article/124/3/600/334385>
 65. Otti A, Wohlschlaeger AM, Noll-Hussong M. Is the Medial Prefrontal Cortex Necessary for Theory of Mind? *PLoS One [Internet]*. 24 de agosto de 2015 [citado 14 de junho de 2023];10(8). Disponível em: </pmc/articles/PMC4547759/>
 66. Mundy P, Block J, Delgado C, Pomares Y, van Hecke AV, Parlade MV. Individual Differences and the Development of Joint Attention in Infancy. *Child Dev [Internet]*. maio de 2007 [citado 20 de novembro de 2022];78(3):938. Disponível em: </pmc/articles/PMC2654237/>

67. Bakeman R, Adamson LB. Coordinating Attention to People and Objects in Mother-Infant and Peer-Infant Interaction. *Child Dev.* agosto de 1984;55(4):1278–89.
68. Azhari A, Leck WQ, Gabrieli G, Bizzego A, Rigo P, Setoh P, et al. Parenting Stress Undermines Mother-Child Brain-to-Brain Synchrony: A Hyperscanning Study. *Sci Rep* [Internet]. 1º de dezembro de 2019 [citado 20 de novembro de 2022];9(1). Disponível em: </pmc/articles/PMC6684640/>
69. Dravida S, Noah JA, Zhang X, Hirsch J. Joint Attention During Live Person-to-Person Contact Activates rTPJ, Including a Sub-Component Associated With Spontaneous Eye-to-Eye Contact. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 3 de junho de 2020 [citado 20 de novembro de 2022];14. Disponível em: </pmc/articles/PMC7283505/>
70. Kuboshita R, Fujisawa TX, Makita K, Kasaba R, Okazawa H, Tomoda A. Intrinsic brain activity associated with eye gaze during mother–child interaction. *Sci Rep* [Internet]. 1º de dezembro de 2020 [citado 20 de novembro de 2022];10(1):18903. Disponível em: </pmc/articles/PMC7642303/>
71. Lin LC, Qu Y, Telzer EH. Intergroup social influence on emotion processing in the brain. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2018;115(42):10630–5.
72. di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, Rizzolatti G. Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research* 1992 91:1 [Internet]. outubro de 1992 [citado 22 de novembro de 2022];91(1):176–80. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00230027>
73. Fadiga L, Fogassi L, Pavesi G, Rizzolatti G. Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *J Neurophysiol* [Internet]. 1995 [citado 22 de novembro de 2022];73(6):2608–11. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7666169/>
74. Iacoboni M, Woods RP, Brass M, Bekkering H, Mazziotta JC, Rizzolatti G. Cortical mechanisms of human imitation. *Science* (1979). 1999;286(5449):2526–8.
75. Iacoboni M, Molnar-Szakacs I, Gallese V, Buccino G, Mazziotta JC. Grasping the intentions of others with one’s own mirror neuron system. *PLoS Biol.* 2005;3(3):0529–35.

76. Grèzes J, Armony JL, Rowe J, Passingham RE. Activations related to “mirror” and “canonical” neurones in the human brain: An fMRI study. *Neuroimage*. 2003;18(4):928–37.
77. Jeon H, Lee SH. From neurons to social beings: Short review of the mirror neuron system research and its socio-psychological and psychiatric implications. *Clinical Psychopharmacology and Neuroscience*. 2018;16(1):18–31.
78. Frith CD. The social brain? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [Internet]. 29 de abril de 2007;362(1480):671–8. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2006.2003>
79. Mahy CEV, Moses LJ, Pfeifer JH. How and where: Theory-of-mind in the brain. *Dev Cogn Neurosci* [Internet]. 2014;9:68–81. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dcn.2014.01.002>
80. Canessa N, Alemanno F, Riva F, Zani A, Proverbio AM, Mannara N, et al. The neural bases of social intention understanding: The role of interaction goals. *PLoS One*. 2012;7(7).
81. Bazán PR, Amaro E. fMRI and fNIRS Methods for Social Brain Studies: Hyperscanning Possibilities. Em: *Social and Affective Neuroscience of Everyday Human Interaction* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2023 [citado 29 de novembro de 2022]. p. 231–54. Disponível em: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-08651-9_14
82. Happé F, Ehlers S, Fletcher P, Frith U, Johansson M, Gillberg C, et al. “Theory of mind” in the brain. Evidence from a PET scan study of Asperger syndrome. *Neuroreport* [Internet]. 20 de dezembro de 1996;8(1):197–201. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9051780>
83. Goel V, Grafman J, Sadato N, Hallett M. Modeling other minds. *Neuroreport* [Internet]. setembro de 1995;6(13):1741–6. Disponível em: <http://journals.lww.com/00001756-199509000-00009>
84. Brunet E, Sarfati Y, Hardy-Baylé MC, Decety J. A PET Investigation of the Attribution of Intentions with a Nonverbal Task. *Neuroimage*. 1º de fevereiro de 2000;11(2):157–66.

85. Sabbagh MA, Taylor M. Neural correlates of theory-of-mind reasoning: An event-related potential study. *Psychol Sci.* 2000;11(1):46–50.
86. Schippers MB, Gazzola V, Goebel R, Keysers C. Playing charades in the fMRI: Are mirror and/or mentalizing areas involved in gestural communication? *PLoS One.* 2009;4(8).
87. Rauchbauer B, Nazarian B, Bourhis M, Ochs M, Prévot L, Chaminade T. Brain activity during reciprocal social interaction investigated using conversational robots as control condition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* 2019;374(1771).
88. Chauvigné LAS, Belyk M, Brown S. Taking two to tango: FMRI analysis of improvised joint action with physical contact. *PLoS One.* 2018;13(1):1–28.
89. Tsoi L, Burns SM, Falk EB, Tamir DI. The promises and pitfalls of functional magnetic resonance imaging hyperscanning for social interaction research. *Soc Personal Psychol Compass* [Internet]. 1º de outubro de 2022 [citado 23 de novembro de 2022];16(10). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36407123/>
90. Liu D, Liu S, Liu X, Zhang C, Li A, Jin C, et al. Interactive Brain Activity: Review and Progress on EEG-Based Hyperscanning in Social Interactions. *Front Psychol* [Internet]. 8 de outubro de 2018 [citado 23 de novembro de 2022];9(OCT). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30349495/>
91. Gvirts HZ, Perlmutter R. What Guides Us to Neurally and Behaviorally Align With Anyone Specific? A Neurobiological Model Based on fNIRS Hyperscanning Studies. *Neuroscientist* [Internet]. 1º de abril de 2020 [citado 23 de novembro de 2022];26(2):108–16. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1073858419861912?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed
92. Zhdanov A, Nurminen J, Baess P, Hirvenkari L, Jousmäki V, Mäkelä JP, et al. An Internet-Based Real-Time Audiovisual Link for Dual MEG Recordings. *PLoS One* [Internet]. 2015;10:e0128485. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4476621&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

93. Vanutelli ME, Gatti L, Angioletti L, Balconi M. Affective Synchrony and Autonomic Coupling during Cooperation: A Hyperscanning Study. *Biomed Res Int*. 2017;2017.
94. Liu T, Pelowski M. A new research trend in social neuroscience: Towards an interactive-brain neuroscience. *Psych J*. 2014;3(3):177–88.
95. Cui X, Bryant DM, Reiss AL. NIRS-based hyperscanning reveals increased interpersonal coherence in superior frontal cortex during cooperation. *Neuroimage* [Internet]. 2012;59(3):2430–7. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.09.003>
96. Funane T, Kiguchi M, Atsumori H, Sato H, Kubota K, Koizumi H. Synchronous activity of two people's prefrontal cortices during a cooperative task measured by simultaneous near-infrared spectroscopy. *J Biomed Opt*. 2011;16(7):077011.
97. Pan Y, Cheng X, Zhang Z, Li X, Hu Y. Cooperation in lovers: An fNIRS-based hyperscanning study. *Hum Brain Mapp*. 2017;38(2):831–41.
98. Reindl V, Gerloff C, Scharke W, Konrad K. Brain-to-brain synchrony in parent-child dyads and the relationship with emotion regulation revealed by fNIRS-based hyperscanning. *Neuroimage* [Internet]. 2018;178(November 2017):493–502. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.05.060>
99. Astolfi L, Toppi J, Fallani F. Imaging the social brain by simultaneous hyperscanning during subject interaction. *IEEE intelligent ...* [Internet]. 2011 [citado 13 de março de 2014];26(5):38–45. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3267574/>
100. Acquadro MAS, Congedo M, de Ridder D. Music Performance As an Experimental Approach to Hyperscanning Studies. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2016;10(May):1–13. Disponível em: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2016.00242/abstract%5Cnhttp://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2016.00242>
101. Sanger J, Müller V, Lindenberger U. Intra- and interbrain synchronization and network properties when playing guitar in duets. *Front Hum Neurosci* [Internet]. janeiro de 2012 [citado 27 de fevereiro de 2014];6(November):312. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3509332&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

102. Sanger J, Müller V, Lindenberger U. Directionality in hyperbrain networks discriminates between leaders and followers in guitar duets. *Front Hum Neurosci* [Internet]. janeiro de 2013 [citado 19 de fevereiro de 2014];7(June):234. Disponível em:
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3671173&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
103. Müller V, Lindenberger U. Intra- and interbrain synchrony and hyperbrain network dynamics of a guitarist quartet and its audience during a concert. *Ann N Y Acad Sci* [Internet]. 27 de maio de 2023 [citado 30 de maio de 2023];1523(1):74–90. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36973939/>
104. Liu J, Zhang R, Geng B, Zhang T, Yuan D, Otani S, et al. Interplay between prior knowledge and communication mode on teaching effectiveness: Interpersonal neural synchronization as a neural marker. *Neuroimage*. 1º de junho de 2019;193:93–102.
105. Holper L, Goldin AP, Shalom DE, Battro AM, Wolf M, Sigman M. The teaching and the learning brain: A cortical hemodynamic marker of teacher-student interactions in the Socratic dialog. *Int J Educ Res*. 2013;59:1–10.
106. Barreto C, Bruneri G de A, Brockington G, Ayaz H, Sato JR. A New Statistical Approach for fNIRS Hyperscanning to Predict Brain Activity of Preschoolers' Using Teacher's. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 7 de maio de 2021 [citado 23 de novembro de 2022];15. Disponível em: </pmc/articles/PMC8137814/>
107. Brockington G, Balardin JB, Morais GAZ, Malheiros A, Lent R, Moura LM, et al. From the laboratory to the classroom: The potential of functional near-infrared spectroscopy in educational neuroscience. *Front Psychol*. 2018;9(OCT):1–7.
108. Zheng L, Chen C, Liu W, Long Y, Zhao H, Bai X, et al. Enhancement of teaching outcome through neural prediction of the students' knowledge state. *Hum Brain Mapp* [Internet]. 1º de julho de 2018 [citado 17 de março de 2021];39(7):3046–57. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29575392/>
109. Sun B, Xiao W, Feng X, Shao Y, Zhang W, Li W. Behavioral and brain synchronization differences between expert and novice teachers when collaborating with students. *Brain Cogn* [Internet]. 1º de março de 2020 [citado 23

- de novembro de 2022];139. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31887711/>
110. Zhang L, Xu X, Li Z, Chen L, Feng L. Interpersonal Neural Synchronization Predicting Learning Outcomes From Teaching-Learning Interaction: A Meta-Analysis. *Front Psychol* [Internet]. 28 de fevereiro de 2022 [citado 14 de junho de 2023];13. Disponível em: [/pmc/articles/PMC8918582/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31887711/)
 111. Czeszumski A, Liang SHY, Dikker S, König P, Lee CP, Koole SL, et al. Cooperative Behavior Evokes Interbrain Synchrony in the Prefrontal and Temporoparietal Cortex: A Systematic Review and Meta-Analysis of fNIRS Hyperscanning Studies. *eNeuro*. 2022;9(2):1–9.
 112. Wurm MF, Schubotz RI. The role of the temporoparietal junction (TPJ) in action observation: Agent detection rather than visuospatial transformation. *Neuroimage* [Internet]. 2018;165(September 2017):48–55. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.09.064>
 113. Schuwerk T, Langguth B, Sommer M. Modulating functional and dysfunctional mentalizing by transcranial magnetic stimulation. *Front Psychol*. 18 de novembro de 2014;5(NOV):1309.
 114. Era V, Aglioti SM, Candidi M. Inhibitory Theta Burst Stimulation Highlights the Role of Left aIPS and Right TPJ during Complementary and Imitative Human-Avatar Interactions in Cooperative and Competitive Scenarios. *Cereb Cortex* [Internet]. 14 de março de 2020 [citado 14 de junho de 2023];30(3):1677–87. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31667496/>
 115. Ogawa A, Kameda T. Dissociable roles of left and right temporoparietal junction in strategic competitive interaction. *Soc Cogn Affect Neurosci* [Internet]. 1º de outubro de 2019 [citado 19 de novembro de 2022];14(10):1037–48. Disponível em: [/pmc/articles/PMC6970153/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31667496/)
 116. Li R, Mayseless N, Balters S, Reiss AL. Dynamic inter-brain synchrony in real-life inter-personal cooperation: A functional near-infrared spectroscopy hyperscanning study. *Neuroimage*. 1º de setembro de 2021;238:118263.
 117. Mayseless N, Hawthorne G, Reiss AL. Real-life creative problem solving in teams: fNIRS based hyperscanning study. *Neuroimage* [Internet].

- 2019;203(September):116161. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116161>
118. Lu K, Hao N. When do we fall in neural synchrony with others? *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2019;14(3):253–61.
119. Collaborators: G 2019 HA and Q, Haakenstad A, Yearwood JA, Fullman N, Bintz C, Bienhoff K, et al. Assessing performance of the Healthcare Access and Quality Index, overall and by select age groups, for 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Glob Health* [Internet]. 1º de dezembro de 2022 [citado 3 de julho de 2023];10(12):e1715–43. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214109X22004296>
120. Schulz M, Mayer C, Schlemm E, Frey BM, Malherbe C, Petersen M, et al. Association of Age and Structural Brain Changes With Functional Connectivity and Executive Function in a Middle-Aged to Older Population-Based Cohort. *Front Aging Neurosci*. 25 de fevereiro de 2022;14:782738.
121. Gvirts HZ, Perlmutter R. What Guides Us to Neurally and Behaviorally Align With Anyone Specific? A Neurobiological Model Based on fNIRS Hyperscanning Studies. *Neuroscientist*. 2020;26(2):108–16.
122. Cançado FAX, Alanis LM, Horta M de L. Envelhecimento Cerebral. Em: Freitas EV de, Py L, Cançado FAX, Doll J, Gorzoni ML, organizadores. *Tratado de Geriatria e Gerontologia*. Third Edit. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan LTDA.; 2013. p. 232–55.
123. Donati Zeppa S, Agostini D, Ferrini F, Gervasi M, Barbieri E, Bartolacci A, et al. Interventions on Gut Microbiota for Healthy Aging. *Cells* [Internet]. 1º de janeiro de 2022 [citado 3 de junho de 2023];12(1). Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36611827/>
124. Melzer TM, Manosso LM, Yau SY, Gil-Mohapel J, Brocardo PS. In Pursuit of Healthy Aging: Effects of Nutrition on Brain Function. *Int J Mol Sci* [Internet]. 1º de maio de 2021 [citado 3 de junho de 2023];22(9). Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34068525/>

125. Mate I, Madrid J, Fuente M. Chronobiology of the Neuroimmunoendocrine System and Aging. *Curr Pharm Des*. 13 de agosto de 2014;20(29):4642–55.
126. Giannakopoulos P, Rodriguez C, Montandon ML, Garibotto V, Haller S, Herrmann FR. Personality Factors' Impact on the Structural Integrity of Mentalizing Network in Old Age: A Combined PET-MRI Study. *Front Psychiatry* [Internet]. 17 de novembro de 2020 [citado 23 de novembro de 2022];11:552037. Disponível em: [/pmc/articles/PMC7704441/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3444441/)
127. Li HJ, Hou XH, Liu HH, Yue CL, Lu GM, Zuo XN. Putting age-related task activation into large-scale brain networks: A meta-analysis of 114 fMRI studies on healthy aging. *Neurosci Biobehav Rev* [Internet]. 1º de outubro de 2015 [citado 20 de novembro de 2022];57:156–74. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26318367/>
128. Javaid H, Kumarnsit E, Chatpun S. Age-Related Alterations in EEG Network Connectivity in Healthy Aging. *Brain Sci*. 2022;12(2).
129. Yeung MK, Chan AS. A Systematic Review of the Application of Functional Near-Infrared Spectroscopy to the Study of Cerebral Hemodynamics in Healthy Aging. *Neuropsychol Rev* [Internet]. 22 de março de 2021;31(1):139–66. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32959167>
130. Happé FGE, Winner E, Brownell H. The getting of wisdom: Theory of mind in old age. *Dev Psychol* [Internet]. março de 1998 [citado 31 de maio de 2023];34(2):358–62. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9541787/>
131. Henry JD, Phillips LH, Ruffman T, Bailey PE. A meta-analytic review of age differences in theory of mind. *Psychol Aging* [Internet]. setembro de 2013 [citado 31 de maio de 2023];28(3):826–39. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23276217/>
132. Lecce S, Ceccato I, Cavallini E. Investigating ToM in aging with the MASC: from accuracy to error type. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* [Internet]. 4 de julho de 2019 [citado 31 de maio de 2023];26(4):541–57. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30041573/>
133. Johansson Nolaker E, Murray K, Happé F, Charlton RA. Cognitive and affective associations with an ecologically valid test of theory of mind across the lifespan.

- Neuropsychology [Internet]. 1º de setembro de 2018 [citado 31 de maio de 2023];32(6):754–63. Disponível em: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/neu0000464>
134. Canty AL, Neumann DL, Fleming J, Shum DHK. Evaluation of a newly developed measure of theory of mind: The virtual assessment of mentalising ability. <https://doi.org/101080/0960201120151052820> [Internet]. 4 de julho de 2015 [citado 31 de maio de 2023];27(5):834–70. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09602011.2015.1052820>
135. Grainger SA, Rakunathan V, Adams AG, Canty AL, Henry JD. An assessment of age differences in theory of mind using the virtual assessment of mentalizing ability. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn* [Internet]. 2 de janeiro de 2021 [citado 31 de maio de 2023];28(1):97–107. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31916892/>
136. Moran JM, Jolly E, Mitchell JP. Social-Cognitive Deficits in Normal Aging. *The Journal of Neuroscience* [Internet]. 18 de abril de 2012 [citado 30 de maio de 2023];32(16):5553–61. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22514317/>
137. Sparrow EP, Swirsky LT, Kudus F, Spaniol J. Aging and altruism: A meta-analysis. *Psychol Aging* [Internet]. 1º de fevereiro de 2021 [citado 19 de junho de 2023];36(1):49–56. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33705185/>
138. Bailey PE, Brady B, Ebner NC, Ruffman T. Effects of Age on Emotion Regulation, Emotional Empathy, and Prosocial Behavior. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* [Internet]. 9 de março de 2020 [citado 19 de junho de 2023];75(4):802–10. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30016531/>
139. Suzuki A. Persistent Reliance on Facial Appearance Among Older Adults When Judging Someone’s Trustworthiness. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* [Internet]. 16 de abril de 2018 [citado 23 de novembro de 2022];73(4):573–83. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27032426/>
140. Seaman KL, Christensen AP, Senn KD, Cooper JA, Cassidy BS. Age-related differences in the social associative learning of trust information. *Neurobiol Aging*. 1º de maio de 2023;125:32–40.

141. Zhang Q, Liu Z, Qian H, Hu Y, Gao X. Interpersonal Competition in Elderly Couples: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Hyperscanning Study. *Brain Sci* [Internet]. 31 de março de 2023 [citado 31 de maio de 2023];13(4):600. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37190565/>
142. Bren KL, Eisenberg R, Gray HB. Discovery of the magnetic behavior of hemoglobin: A beginning of bioinorganic chemistry. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 10 de outubro de 2015 [citado 4 de julho de 2023];112(43):13123. Disponível em: </pmc/articles/PMC4629386/>
143. Phillips AA, Chan FH, Zheng MMZ, Krassioukov A V., Ainslie PN. Neurovascular coupling in humans: Physiology, methodological advances and clinical implications. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* [Internet]. 2016 [citado 4 de julho de 2023];36(4):647. Disponível em: </pmc/articles/PMC4821024/>
144. Attwell D, Buchan AM, Charpak S, Lauritzen M, MacVicar BA, Newman EA. Glial and neuronal control of brain blood flow. *Nature* [Internet]. 11 de novembro de 2010 [citado 4 de julho de 2023];468(7321):232. Disponível em: </pmc/articles/PMC3206737/>
145. Martindale J, Mayhew J, Berwick J, Jones M, Martin C, Johnston D, et al. The hemodynamic impulse response to a single neural event. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism* [Internet]. 1º de maio de 2003 [citado 4 de julho de 2023];23(5):546–55. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1097/01.WCB.0000058871.46954.2B>
146. Kohl M, Lindauer U, Royl G, Kuhl M, Gold L, Villringer A, et al. Physical model for the spectroscopic analysis of cortical intrinsic optical signals. *Phys Med Biol* [Internet]. 1º de dezembro de 2000 [citado 1º de julho de 2023];45(12):3749. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/45/12/317>
147. Fermi G, Perutz MF, Shaanan B, Fourme R. The crystal structure of human deoxyhaemoglobin at 1.74 Å resolution. *J Mol Biol*. 15 de maio de 1984;175(2):159–74.
148. RCSB PDB - 2HHB: THE CRYSTAL STRUCTURE OF HUMAN DEOXYHAEMOGLOBIN AT 1.74 ANGSTROMS RESOLUTION [Internet]. [citado 19 de junho de 2023]. Disponível em: <https://www.rcsb.org/structure/2HHB>

149. Shaanan B. Structure of human oxyhaemoglobin at 2.1 resolution. *J Mol Biol.* 25 de novembro de 1983;171(1):31–59.
150. RCSB PDB - 1HHO: STRUCTURE OF HUMAN OXYHAEMOGLOBIN AT 2.1 ANGSTROMS RESOLUTION [Internet]. [citado 19 de junho de 2023]. Disponível em: <https://www.rcsb.org/structure/1HHO>
151. Berman HM, Westbrook J, Feng Z, Gilliland G, Bhat TN, Weissig H, et al. The Protein Data Bank. *Nucleic Acids Res* [Internet]. 1º de janeiro de 2000 [citado 19 de junho de 2023];28(1):235–42. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1093/nar/28.1.235>
152. PDB-101: Learn: Videos: Oxygen Binding in Hemoglobin [Internet]. [citado 19 de junho de 2023]. Disponível em: <https://pdb101.rcsb.org/learn/videos/oxygen-binding-in-hemoglobin>
153. Sehnal D, Bittrich S, Deshpande M, Svobodová R, Berka K, Bazgier V, et al. Mol* Viewer: modern web app for 3D visualization and analysis of large biomolecular structures. *Nucleic Acids Res* [Internet]. 2 de julho de 2021 [citado 19 de junho de 2023];49(W1):W431–7. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1093/nar/gkab314>
154. Severinghaus JW, Astrup PB. History of blood gas analysis. VI. Oximetry. *J Clin Monit* [Internet]. outubro de 1986 [citado 28 de maio de 2023];2(4):270–88. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02851177>
155. Jöbsis FF. Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science* [Internet]. 1977 [citado 8 de junho de 2023];198(4323):1264–6. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/929199/>
156. Ferrari M, Giannini I, Sideri G, Zanette E. Continuous non invasive monitoring of human brain by near infrared spectroscopy. *Adv Exp Med Biol* [Internet]. 1985 [citado 4 de julho de 2023];191:873–82. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3008520/>
157. Hoshi Y, Tamura M. Detection of dynamic changes in cerebral oxygenation coupled to neuronal function during mental work in man. *Neurosci Lett.* 1993;150(1):5–8.

158. Chance B, Zhuang Z, UnAh C, Alter C, Lipton L. Cognition-activated low-frequency modulation of light absorption in human brain. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1993;90(8):3770–4.
159. Kato T, Kamei A, Takashima S, Ozaki T. Human visual cortical function during photic stimulation monitoring by means of near-infrared spectroscopy. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 1993;13(3):516–20.
160. Villringer A, Planck J, Hock C, Schleinkofer L, Dirnagl U. Near infrared spectroscopy (NIRS): A new tool to study hemodynamic changes during activation of brain function in human adults. *Neurosci Lett*. 1993;154(1–2):101–4.
161. Hiraoka M, Firbank M, Essenpreis M, Cope M, Arridge SR, Van Der Zee P, et al. A Monte Carlo investigation of optical pathlength in inhomogeneous tissue and its application to near-infrared spectroscopy. *Phys Med Biol [Internet]*. 1º de dezembro de 1993 [citado 4 de julho de 2023];38(12):1859. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/38/12/011>
162. Scholkmann F, Kleiser S, Metz AJ, Zimmermann R, Mata Pavia J, Wolf U, et al. A review on continuous wave functional near-infrared spectroscopy and imaging instrumentation and methodology. Vol. 85, *NeuroImage*. Academic Press; 2014. p. 6–27.
163. Almajidy RK, Mankodiya K, Abtahi M, Hofmann UG. A Newcomer’s Guide to Functional Near Infrared Spectroscopy Experiments. *IEEE Rev Biomed Eng [Internet]*. 2020 [citado 4 de julho de 2023];13:292–308. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31634142/>
164. H JH. Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol [Internet]*. maio de 1958 [citado 18 de fevereiro de 2020];10(2):370–5. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0013469458900531>
165. Jurcak V, Tsuzuki D, Dan I. 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: Their validity as relative head-surface-based positioning systems. *Neuroimage*. 15 de fevereiro de 2007;34(4):1600–11.
166. Quaresima V, Ferrari M. Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) for Assessing Cerebral Cortex Function During Human Behavior in Natural/Social

- Situations: A Concise Review. *Organ Res Methods* [Internet]. 18 de janeiro de 2019;22(1):46–68. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1094428116658959>
167. Strangman G, Boas DA, Sutton JP. Non-invasive neuroimaging using near-infrared light. *Biol Psychiatry*. 1º de outubro de 2002;52(7):679–93.
 168. Muthukumaraswamy SD. High-frequency brain activity and muscle artifacts in MEG/EEG: a review and recommendations. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 28 de março de 2013 [citado 3 de julho de 2023];7(MAR). Disponível em: </pmc/articles/PMC3625857/>
 169. Balardin JB, Zimeo Morais GA, Furucho RA, Trambaiolli L, Vanzella P, Biazoli C, et al. Imaging brain function with functional near-infrared spectroscopy in unconstrained environments. *Front Hum Neurosci*. 17 de maio de 2017;11.
 170. Pinti P, Tachtsidis I, Hamilton A, Hirsch J, Aichelburg C, Gilbert S, et al. The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. *Ann N Y Acad Sci* [Internet]. 1º de março de 2018 [citado 11 de junho de 2021];1464(1):5–29. Disponível em: <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nyas.13948>
 171. Siman-Tov T, Bosak N, Sprecher E, Paz R, Eran A, Aharon-Peretz J, et al. Early Age-Related Functional Connectivity Decline in High-Order Cognitive Networks. *Front Aging Neurosci* [Internet]. 10 de janeiro de 2017 [citado 6 de julho de 2023];8(JAN). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28119599/>
 172. Harris PA, Taylor R, Minor BL, Elliott V, Fernandez M, O’Neal L, et al. The REDCap consortium: Building an international community of software platform partners. *J Biomed Inform*. 1º de julho de 2019;95:103208.
 173. Harris PA, Taylor R, Thielke R, Payne J, Gonzalez N, Conde JG. Research electronic data capture (REDCap)—A metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. *J Biomed Inform*. 1º de abril de 2009;42(2):377–81.
 174. Zghebi SS, Mamas MA, Ashcroft DM, Salisbury C, Mallen CD, Chew-Graham CA, et al. Development and validation of the Diabetes Severity SCOrE (DISSCO) in 139 626 individuals with type 2 diabetes: a retrospective cohort study. *BMJ Open*

- Diabetes Res Care [Internet]. 1º de maio de 2020 [citado 3 de julho de 2023];8(1):e000962. Disponível em: <https://drc.bmj.com/content/8/1/e000962>
175. Oldfield R. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* [Internet]. 1971 [citado 2 de abril de 2014];9:97–113. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0028393271900674>
176. Brito GNO, Brito LSO, Paumgarten FJR, Lins MFC. Lateral Preferences in Brazilian Adults: An Analysis with the Edinburgh Inventory. *Cortex* [Internet]. 1º de setembro de 1989 [citado 12 de outubro de 2021];25(3):403–15. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010945289800541>
177. Burnett SA, Lane DM, Dratt LM. Spatial ability and handedness. *Intelligence* [Internet]. 1º de janeiro de 1982 [citado 23 de março de 2022];6(1):57–68. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0160289682900204>
178. Packheiser J, Schmitz J, Pan Y, El Basbasse Y, Friedrich P, Güntürkün O, et al. Using Mobile EEG to Investigate Alpha and Beta Asymmetries During Hand and Foot Use. *Front Neurosci* [Internet]. 14 de fevereiro de 2020 [citado 23 de março de 2022];14. Disponível em: [/pmc/articles/PMC7033815/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34070338/)
179. Robinson J. Edinburgh Handedness Inventory. Em: Volkmar FR, organizador. *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders* [Internet]. New York, NY: Springer New York; 2013 [citado 23 de março de 2022]. p. 1051–4. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1698-3_877
180. Zigmond AS, Snaith RP. The Hospital Anxiety and Depression Scale. *Acta Psychiatr Scand* [Internet]. 1º de junho de 1983 [citado 8 de março de 2022];67(6):361–70. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1600-0447.1983.tb09716.x>
181. Botega NJ, Bio MR, Zomignani MA, Garcia Jr C, Pereira WAB. Transtornos do humor em enfermagem de clínica médica e validação de escala de medida (HAD) de ansiedade e depressão. *Rev Saude Publica* [Internet]. outubro de 1995 [citado 3 de outubro de 2021];29(5):359–63. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101995000500004&lng=pt&tlng=pt

182. Harding TW, Climent CE, De Arango M V., Baltazar J, Ibrahim HHA, Ladrigo-Ignacio L, et al. Mental disorders in primary health care: a study of their frequency and diagnosis in four developing countries. *Psychol Med* [Internet]. 1980 [citado 14 de novembro de 2022];10(2):231–41. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/psychological-medicine/article/abs/mental-disorders-in-primary-health-care-a-study-of-their-frequency-and-diagnosis-in-four-developing-countries/9055FD1D796809625BA9315D644C9BBA>
183. Harding TW, Climent CE, Diop M, Giel R, Ibrahim HH, Murthy RS, et al. The WHO collaborative study on strategies for extending mental health care, II: The development of new research methods. *Am J Psychiatry* [Internet]. 1983 [citado 14 de novembro de 2022];140(11):1474–80. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6624995/>
184. Jesus Mari J De, Williams P. A Comparison of the Validity of Two Psychiatric Screening Questionnaires (Ghq-12 and Srq-20) In Brazil, Using Relative Operating Characteristic (Roc) Analysis. *Psychol Med*. 1985;15(3):651–9.
185. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc* [Internet]. 1º de abril de 2005 [citado 9 de março de 2022];53(4):695–9. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
186. Carson N, Leach L, Murphy KJ. A re-examination of Montreal Cognitive Assessment (MoCA) cutoff scores. *Int J Geriatr Psychiatry* [Internet]. 1º de fevereiro de 2018 [citado 17 de novembro de 2022];33(2):379–88. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/gps.4756>
187. Cesar KG, Yassuda MS, Porto FHG, Brucki SMD, Nitrini R. MoCA Test: normative and diagnostic accuracy data for seniors with heterogeneous educational levels in Brazil. *Arq Neuropsiquiatr* [Internet]. 5 de dezembro de 2019 [citado 17 de novembro de 2022];77(11):775–81. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/anp/a/VyfcFmMPVmjZMpxn3NK6HMk/?lang=en>

188. Falconel EM de O, Ferreira MC, Luz RCM da, Fernandes CS, Faria C de A, D'Augustin JF, et al. Inventário de Empatia (I.E.): desenvolvimento e validação de uma medida brasileira. *Avaliação Psicológica* [Internet]. 2008;7(3):321–34. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712008000300006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
189. Davis MH. Measuring individual differences in empathy: Evidence for a multidimensional approach. *J Pers Soc Psychol* [Internet]. janeiro de 1983 [citado 21 de fevereiro de 2022];44(1):113–26. Disponível em: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0022-3514.44.1.113>
190. Koller SH, Camino C, Ribeiro J. Adaptação e validação interna de duas escalas de empatia para uso no Brasil. *Estudos de Psicologia (Campinas)* [Internet]. dezembro de 2001;18(3):43–53. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-166X2001000300004&lng=pt&tlng=pt
191. Baron-Cohen S, Wheelwright S. The Empathy Quotient: An Investigation of Adults with Asperger Syndrome or High Functioning Autism, and Normal Sex Differences. *J Autism Dev Disord* [Internet]. abril de 2004 [citado 21 de fevereiro de 2022];34(2):163–75. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1023/B:JADD.0000022607.19833.00>
192. Wakabayashi A, Baron-Cohen S, Wheelwright S, Goldenfeld N, Delaney J, Fine D, et al. Development of short forms of the Empathy Quotient (EQ-Short) and the Systemizing Quotient (SQ-Short). *Pers Individ Dif*. 2006;41(5):929–40.
193. Castelhana-Souza M, Mendes IAC, Martins JCA, Trevizan MA, Souza-Júnior VD, de Godoy S. Semantic validation of the short versions of the Empathy-systemizing quotient scales. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2018;26.
194. Kellor M, Frost JA, Silberberg NE, Iversen IA, Cummings R. Hand strength and dexterity. *Am J Occup Ther*. 1971;25 2:77–83.
195. Mathiowetz V, Weber K, Kashman N, Volland G. Adult Norms for the Nine Hole Peg Test of Finger Dexterity. *The Occupational Therapy Journal of Research* [Internet]. 24 de janeiro de 1985 [citado 18 de janeiro de 2022];5(1):24–38. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/153944928500500102>

196. Oxford Grice K, Vogel KA, Le V, Mitchell A, Muniz S, Vollmer MA. Adult Norms for a Commercially Available Nine Hole Peg Test for Finger Dexterity. *The American Journal of Occupational Therapy* [Internet]. 1º de setembro de 2003 [citado 18 de janeiro de 2022];57(5):570–3. Disponível em: </ajot/article/57/5/570/8603/Adult-Norms-for-a-Commercially-Available-Nine-Hole>
197. Brainard DH. The Psychophysics Toolbox. *Spat Vis* [Internet]. 1º de janeiro de 1997 [citado 20 de novembro de 2022];10(4):433–6. Disponível em: https://brill.com/view/journals/sv/10/4/article-p433_15.xml
198. Kleiner M, Brainard DH, Pelli D. What's new in Psychtoolbox-3? *Perception*. 2007;36(ECVP Abstract Supplement.).
199. Google Jamboard [Internet]. [citado 19 de fevereiro de 2022]. Disponível em: <https://jamboard.google.com/>
200. Brigadoi S, Cooper RJ. How short is short? Optimum source–detector distance for short-separation channels in functional near-infrared spectroscopy. *Neurophotonics*. 2015;2(2):025005.
201. Zhou X, Sobczak G, McKay CM, Litovsky RY. Comparing fNIRS signal qualities between approaches with and without short channels. Sakakibara M, organizador. *PLoS One* [Internet]. 23 de dezembro de 2020 [citado 8 de junho de 2021];15(12):e0244186. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244186>
202. Zimeo Morais GA, Balardin JB, Sato JR. fNIRS Optodes' Location Decider (fOLD): a toolbox for probe arrangement guided by brain regions-of-interest. *Sci Rep* [Internet]. 1º de dezembro de 2018 [citado 15 de novembro de 2022];8(1). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29463928/>
203. Tzourio-Mazoyer N, Landeau B, Papathanassiou D, Crivello F, Etard O, Delcroix N, et al. Automated Anatomical Labeling of Activations in SPM Using a Macroscopic Anatomical Parcellation of the MNI MRI Single-Subject Brain. *Neuroimage*. 1º de janeiro de 2002;15(1):273–89.
204. Rolls ET, Joliot M, Tzourio-Mazoyer N. Implementation of a new parcellation of the orbitofrontal cortex in the automated anatomical labeling atlas. *Neuroimage*. 15 de novembro de 2015;122:1–5.

205. Santosa H, Zhai X, Fishburn F, Huppert T. The NIRS Brain AnalyzIR Toolbox. Algorithms 2018, Vol 11, Page 73 [Internet]. 16 de maio de 2018 [citado 16 de novembro de 2022];11(5):73. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4893/11/5/73/htm>
206. Coelho DB, Bazán PR, Zimeo Morais GA, Balardin JB, Batista AX, de Oliveira CEN, et al. Frontal Hemodynamic Response During Step Initiation Under Cognitive Conflict in Older and Young Healthy People. Le Couteur D, organizador. The Journals of Gerontology: Series A [Internet]. 18 de janeiro de 2021 [citado 26 de julho de 2021];76(2):216–23. Disponível em: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/76/2/216/5840538>
207. Prah S. Tabulated Molar Extinction Coefficient for Hemoglobin in Water [Internet]. [citado 16 de novembro de 2022]. Disponível em: <https://omlc.org/spectra/hemoglobin/summary.html>
208. Scholkmann F, Wolf M. General equation for the differential pathlength factor of the frontal human head depending on wavelength and age. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.1810105004> [Internet]. 11 de outubro de 2013 [citado 16 de novembro de 2022];18(10):105004. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/journal-of-biomedical-optics/volume-18/issue-10/105004/General-equation-for-the-differential-pathlength-factor-of-the-frontal/10.1117/1.JBO.18.10.105004.full>
209. dos Santos FRM, Bazán PR, Balardin JB, de Aratanha MA, Rodrigues M, Lacerda S, et al. Changes in Prefrontal fNIRS Activation and Heart Rate Variability During Self-Compassionate Thinking Related to Stressful Memories. Mindfulness (N Y) [Internet]. 1º de fevereiro de 2022 [citado 16 de novembro de 2022];13(2):326–38. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12671-021-01789-0>
210. Yarkoni T, Poldrack RA, Nichols TE, Van Essen DC, Wager TD. Large-scale automated synthesis of human functional neuroimaging data. Nat Methods [Internet]. agosto de 2011 [citado 3 de julho de 2023];8(8):665. Disponível em: </pmc/articles/PMC3146590/>

211. Neurosynth: temporoparietal junction [Internet]. [citado 19 de novembro de 2022]. Disponível em: <https://neurosynth.org/analyses/terms/temporoparietal%20junction/>
212. Santosa H, Zhai X, Fishburn F, Sparto PJ, Huppert TJ. Quantitative comparison of correction techniques for removing systemic physiological signal in functional near-infrared spectroscopy studies. *Neurophotonics* [Internet]. 23 de setembro de 2020 [citado 16 de novembro de 2022];7(3). Disponível em: [/pmc/articles/PMC7511246/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34811246/)
213. Huppert TJ. Commentary on the statistical properties of noise and its implication on general linear models in functional near-infrared spectroscopy. *Neurophotonics*. 2 de março de 2016;3(1):010401.
214. Barker JW, Aarabi A, Huppert TJ. Autoregressive model based algorithm for correcting motion and serially correlated errors in fNIRS. *Biomed Opt Express*. 1º de agosto de 2013;4(8):1366.
215. Myers L, Sirois MJ. Spearman Correlation Coefficients, Differences between. Em: *Encyclopedia of Statistical Sciences* [Internet]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.; 2006 [citado 5 de julho de 2023]. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/0471667196.ess5050.pub2>
216. Porter SR, Umbach PD. Student survey response rates across institutions: Why do they vary? *Res High Educ*. 2006;47(2):229–47.
217. Wu MJ, Zhao K, Fils-Aime F. Response rates of online surveys in published research: A meta-analysis. *Computers in Human Behavior Reports*. 1º de agosto de 2022;7:100206.
218. Negrão JG, Bazán PR, de Azevedo Neto RM, Lacerda SS, Ekman E, Kozasa EH. Baseline emotional state influences on the response to animated short films: A randomized online experiment. *Front Psychol*. 15 de dezembro de 2022;13:1009429.
219. Bazán PR, de Azevedo Neto RM, Lacerda SS, Ribeiro MW, Balardin JB, Amaro E, et al. COVID-19 news valence effects on emotion and its modulation by a relaxation: A randomized online experiment during COVID-19 pandemic. *Internet Interv*. 1º de dezembro de 2021;26:100472.

220. Cheng X, Li X, Hu Y. Synchronous brain activity during cooperative exchange depends on gender of partner: A fNIRS-based hyperscanning study. *Hum Brain Mapp* [Internet]. 1º de junho de 2015 [citado 5 de julho de 2023];36(6):2039–48. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25691124/>
221. Chi T, Cheng L, Zhang Z. Global prevalence and trend of anxiety among graduate students: A systematic review and meta-analysis. *Brain Behav* [Internet]. 1º de abril de 2023 [citado 5 de julho de 2023];13(4). Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36852520/>
222. Saeed H, Eslami A, Nassif NT, Simpson AM, Lal S. Anxiety Linked to COVID-19: A Systematic Review Comparing Anxiety Rates in Different Populations. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 1º de fevereiro de 2022 [citado 5 de julho de 2023];19(4). Disponível em: </pmc/articles/PMC8871867/>
223. Murman DL. The Impact of Age on Cognition. *Semin Hear* [Internet]. 1º de agosto de 2015 [citado 5 de julho de 2023];36(3):111. Disponível em: </pmc/articles/PMC4906299/>
224. Wu CY, Hung SJ, Lin KC, Chen KH, Chen P, Tsay PK. Responsiveness, Minimal Clinically Important Difference, and Validity of the MoCA in Stroke Rehabilitation. *Occup Ther Int* [Internet]. 2019 [citado 5 de julho de 2023];2019. Disponível em: </pmc/articles/PMC6487084/>
225. Longo UG, Papalia R, De Salvatore S, Marinozzi A, Piergentili I, Lalli A, et al. Establishing the Minimum Clinically Significant Difference (MCID) and the Patient Acceptable Symptom Score (PASS) for the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) in Patients with Rotator Cuff Disease and Shoulder Prosthesis. *Journal of Clinical Medicine* 2023, Vol 12, Page 1540 [Internet]. 15 de fevereiro de 2023 [citado 5 de julho de 2023];12(4):1540. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/4/1540/htm>
226. Beadle JN, De La Vega CE. Impact of aging on empathy: Review of psychological and neural mechanisms. *Front Psychiatry*. 11 de junho de 2019;10(JUN):451532.
227. Pinho VD de, Fernandes CS, Falcone EM de O. Influence of age and schooling degree on adults' empathic experience. *Estudos e Pesquisas em Psicologia* [Internet]. 2011 [citado 6 de julho de 2023];11(2):456–71. Disponível em:

- http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-42812011000200006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt
228. Diehl LA, De Souza RM, Gordan PA, Esteves RZ, Coelho ICM. Gaming Habits and Opinions of Brazilian Medical School Faculty and Students: What's Next? <https://home.liebertpub.com/g4h> [Internet]. 11 de abril de 2014 [citado 6 de julho de 2023];3(2):79–85. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/g4h.2013.0069>
 229. Mathiowetz V, Weber K, Kashman N, Volland G. Adult Norms for the Nine Hole Peg Test of Finger Dexterity. *The Occupational Therapy Journal of Research* [Internet]. 24 de janeiro de 1985 [citado 18 de janeiro de 2022];5(1):24–38. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/153944928500500102>
 230. Grice KO, Vogel KA, Le V, Mitchell A, Muniz S, Vollmer MA. Adult Norms for a Commercially Available Nine Hole Peg Test for Finger Dexterity. *The American Journal of Occupational Therapy* [Internet]. 1º de setembro de 2003 [citado 18 de janeiro de 2022];57(5):570–3. Disponível em: </ajot/article/57/5/570/8603/Adult-Norms-for-a-Commercially-Available-Nine-Hole>
 231. Seidler RD, Bernard JA, Burutolu TB, Fling BW, Gordon MT, Gwin JT, et al. Motor Control and Aging: Links to Age-Related Brain Structural, Functional, and Biochemical Effects. *Neurosci Biobehav Rev* [Internet]. abril de 2010 [citado 27 de junho de 2023];34(5):721. Disponível em: </pmc/articles/PMC2838968/>
 232. Špiláková B, Shaw DJ, Czekóová K, Brázdil M. Dissecting social interaction: dual-fMRI reveals patterns of interpersonal brain-behavior relationships that dissociate among dimensions of social exchange. *Soc Cogn Affect Neurosci* [Internet]. 1º de fevereiro de 2019 [citado 28 de junho de 2023];14(2):225. Disponível em: </pmc/articles/PMC6374606/>
 233. Bien N, Roebroek A, Goebel R, Sack AT. The Brain's Intention to Imitate: The Neurobiology of Intentional versus Automatic Imitation. *Cerebral Cortex* [Internet]. 1º de outubro de 2009 [citado 28 de junho de 2023];19(10):2338–51. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhn251>

234. Moinuddin A, Goel A, Sethi Y. The Role of Augmented Feedback on Motor Learning: A Systematic Review. *Cureus* [Internet]. 18 de novembro de 2021 [citado 28 de junho de 2023];13(11). Disponível em: [/pmc/articles/PMC8681883/](#)
235. Boccadoro S, Cracco E, Hudson AR, Bardi L, Nijhof AD, Wiersema JR, et al. Defining the neural correlates of spontaneous theory of mind (ToM): An fMRI multi-study investigation. *Neuroimage* [Internet]. 1º de dezembro de 2019 [citado 28 de junho de 2023];203:116193. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053811919307840>
236. Walter E, Dassonville P. Visuospatial contextual processing in the parietal cortex: An fMRI investigation of the induced Roelofs effect. *Neuroimage*. 1º de outubro de 2008;42(4):1686–97.
237. Silk TJ, Bellgrove MA, Wrafter P, Mattingley JB, Cunnington R. Spatial working memory and spatial attention rely on common neural processes in the intraparietal sulcus. *Neuroimage*. 1º de novembro de 2010;53(2):718–24.
238. Poirier G, Ohayon A, Juranville A, Mourey F, Gaveau J. Deterioration, Compensation and Motor Control Processes in Healthy Aging, Mild Cognitive Impairment and Alzheimer’s Disease. *Geriatrics* [Internet]. 2021 [citado 28 de junho de 2023];6(1). Disponível em: [/pmc/articles/PMC8006018/](#)
239. Reniers RLEP, Corcoran R, Völlm B a., Mashru A, Howard R, Liddle PF. Moral decision-making, ToM, empathy and the default mode network. *Biol Psychol* [Internet]. março de 2012 [citado 26 de março de 2012];1–9. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301051112000713>
240. Lu K, Xue H, Nozawa T, Hao N. Cooperation Makes a Group be More Creative. *Cerebral Cortex*. 2019;29(8):3457–70.
241. Xue H, Lu K, Hao N. Cooperation makes two less-creative individuals turn into a highly-creative pair. *Neuroimage* [Internet]. 2018;172(January):527–37. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.02.007>
242. Bureau UC. An Aging World: 2015. [citado 6 de julho de 2023]; Disponível em: <https://www.census.gov/library/publications/2016/demo/P95-16-1.html>
243. Fakoya OA, McCorry NK, Donnelly M. Loneliness and social isolation interventions for older adults: A scoping review of reviews. *BMC Public Health* [Internet]. 14 de

- fevereiro de 2020 [citado 6 de julho de 2023];20(1):1–14. Disponível em: <https://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-020-8251-6>
244. Coricelli G, Nagel R. Neural correlates of depth of strategic reasoning in medial prefrontal cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 9 de junho de 2009 [citado 6 de julho de 2023];106(23):9163–8. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0807721106>
245. Milardi D, Quartarone A, Bramanti A, Anastasi G, Bertino S, Basile GA, et al. The Cortico-Basal Ganglia-Cerebellar Network: Past, Present and Future Perspectives. *Front Syst Neurosci*. 30 de outubro de 2019;13:465851.
246. Fabiani M, Gordon BA, Maclin EL, Pearson MA, Brumback-Peltz CR, Low KA, et al. Neurovascular coupling in normal aging: A combined optical, ERP and fMRI study. *Neuroimage* [Internet]. 1º de janeiro de 2014 [citado 30 de junho de 2023];85(0 1):592–607. Disponível em: </pmc/articles/PMC3791333/>
247. Mayo O, Lavidor M, Gordon I. Interpersonal autonomic nervous system synchrony and its association to relationship and performance – a systematic review and meta-analysis. *Physiol Behav*. 1º de junho de 2021;235:113391.
248. Zhang M, Liu T, Pelowski M, Jia H, Yu D. Social risky decision-making reveals gender differences in the TPJ: A hyperscanning study using functional near-infrared spectroscopy. *Brain Cogn* [Internet]. 2017;119(March):54–63. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2017.08.008>
249. Zhang M, Liu T, Pelowski M, Yu D. Gender difference in spontaneous deception: A hyperscanning study using functional near-infrared spectroscopy. *Sci Rep* [Internet]. 2017;7(1):1–13. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-06764-1>

ANEXOS

Anexo A: Aprovação do projeto original pelo comitê de ética da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação.

Pesquisador: Edson Amaro Junior

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 69431617.4.0000.0065

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.209.409

Apresentação do Projeto:

O projeto irá avaliar, através da técnica de espectroscopia de luz próxima ao infravermelho (NIRS - Near-InfraRed Spectroscopy), a conectividade cérebros de indivíduos durante a realização de uma tarefa cooperativa simultânea, relacionando-a ao nível de entrosamento das duplas por meio de questionários e da correlação com a performance dos voluntários. Procurará também avaliar o efeito do envelhecimento saudável no entrosamento e no padrão de comunicação entre cérebros.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral:

- Estudar as bases neurais da cooperação

Objetivos específicos:

- a) Avaliar a conectividade funcional entre cérebros durante a realização de uma tarefa cooperativa, medindo a correlação entre sinais dos cérebros e também a coerência por wavelets.
- b) Verificar a evolução temporal da correlação e coerência por wavelets entre sinais dos cérebros ao longo da tarefa cooperativa.
- c) Estudar as diferenças na correlação e coerência por wavelets entre cérebros entre duplas de idosos e duplas de jovens adultos.

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36

Bairro: PACAEMBU

CEP: 01.246-903

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3893-4401

E-mail: cep.fm@usp.br

USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP



Continuação do Parecer: 2.209.409

d) Estudar o padrão de correlação e coerência por wavelets entre sinais dos cérebros durante cooperação entre idoso e jovem adulto, comparando com as duplas de mesma faixa etária.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Risco mínimo.

Benefícios: compreender melhor os processos de conectividade cerebral.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este estudo é prospectivo em uma amostra da população normal, com idades entre 18 e 35 anos (n=40) e entre 60 e 75 anos (n=40). Espera-se encontrar maior conectividade funcional entre os cérebros das duplas quando os indivíduos estiverem realizando a tarefa cooperativa, de forma que quanto melhor for seu desempenho (e seu entrosamento) maior será a correlação entre cérebros. A conectividade intra e inter redes diminui com o envelhecimento saudável e portanto espera-se que a conectividade funcional entre cérebros também diminua nas duplas de idosos. Porém, as duplas de diferentes faixas etárias (Jovem e Idoso) podem apresentar uma correlação entre cérebros ainda menor, pois podem ter dificuldade de se entrosar ainda maior que as duplas da mesma faixa etária.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequado

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Trabalho original, de interesse e relevante para a área.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_894576.pdf	06/06/2017 11:43:38		Aceito
Outros	cad_online_EAJ.PDF	04/06/2017 18:18:26	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	081_Edson_Amaro_Junior.PDF	04/06/2017 18:16:51	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	Anuencia_UFABC.pdf	04/06/2017	Edson Amaro Junior	Aceito

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36

Bairro: PACAEMBU

CEP: 01.246-903

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3893-4401

E-mail: cep.fm@usp.br

USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP



Continuação do Parecer: 2.209.409

Outros	Anuencia_UFABC.pdf	18:14:06	Edson Amaro Junior	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_EAJ.PDF	04/06/2017 18:09:14	Edson Amaro Junior	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Doutorado.docx	13/04/2017 13:47:25	Edson Amaro Junior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	13/04/2017 13:45:43	Edson Amaro Junior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 09 de Agosto de 2017

Assinado por:

Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira
(Coordenador)

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36

Bairro: PACAEMBU

CEP: 01.246-903

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3893-4401

E-mail: cep.fm@usp.br

Anexo B: Aprovação do projeto original pelo comitê de ética da Universidade Federal do ABC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação.

Pesquisador: Edson Amaro Junior

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 69431617.4.3001.5594

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.234.747

Apresentação do Projeto:

Os pesquisadores têm como objetivo avaliar a possível relação entre sinais hemodinâmicos cerebrais (utilizando NIRS) de duas pessoas interagindo em um jogo no computador. Serão incluídos 80 voluntários saudáveis divididos em 2 grupos: jovens adultos (18 a 35 anos); e idosos (de 60 a 75 anos). Os voluntários formarão duplas (jovem com jovem; idoso com idoso; idoso com jovem), de forma que cada sujeito participe de duas duplas. O nível de entrosamento das duplas será avaliado por questionários e pela performance dos voluntários na tarefa.

Objetivo da Pesquisa:

Estudar as bases neurais da cooperação, avaliando a conectividade funcional entre cérebros durante a realização de uma tarefa cooperativa. Verificar a evolução temporal da correlação e coerência por wavelets entre sinais dos cérebros ao longo da tarefa cooperativa. Estudar as diferenças na correlação e coerência por wavelets entre cérebros entre duplas de idosos e duplas de jovens adultos. Estudar o padrão de correlação e coerência por wavelets entre sinais dos cérebros durante cooperação entre idoso e jovem adulto, comparando com as duplas de mesma faixa etária.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios estão adequadamente descritos tanto no projeto quanto no termo de consentimento.

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar
Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580
UF: SP **Município:** SANTO ANDRÉ
Telefone: (11)3356-7637 **E-mail:** cep@ufabc.edu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ABC



Continuação do Parecer: 2.234.747

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os objetivos da pesquisa são relevantes e os aspectos éticos do projeto foram devidamente abordados.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE é adequado (está de acordo com o modelo da instituição principal - FMUSP).

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pede-se de submeter relatório parcial em 6 meses.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_894576.pdf	06/06/2017 11:43:38		Aceito
Outros	cad_online_EAJ.PDF	04/06/2017 18:18:26	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	081_Edson_Amaro_Junior.PDF	04/06/2017 18:16:51	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	Anuencia_UFABC.pdf	04/06/2017 18:14:06	Edson Amaro Junior	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_EAJ.PDF	04/06/2017 18:09:14	Edson Amaro Junior	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Doutorado.docx	13/04/2017 13:47:25	Edson Amaro Junior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	13/04/2017 13:45:43	Edson Amaro Junior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar
Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580
UF: SP **Município:** SANTO ANDRE
Telefone: (11)3356-7637 **E-mail:** cep@ufabc.edu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ABC



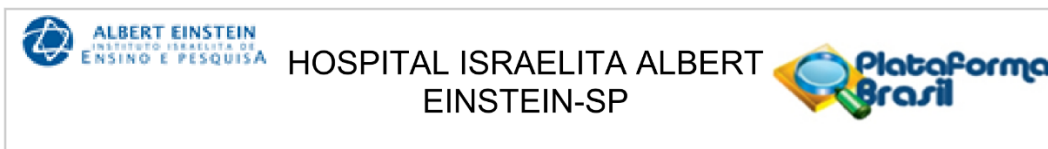
Continuação do Parecer: 2.234.747

SANTO ANDRE, 23 de Agosto de 2017

Assinado por:
Peter Maurice Erna Claessens
(Coordenador)

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar
Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580
UF: SP **Município:** SANTO ANDRE
Telefone: (11)3356-7637 **E-mail:** cep@ufabc.edu.br

Anexo C: Aprovação do projeto final pelo comitê de ética do Hospital Israelita Albert Einstein



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação.

Pesquisador: Edson Amaro Junior

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 69431617.4.3002.0071

Instituição Proponente: SOCIEDADE BENEF ISRAELITABRAS HOSPITAL ALBERT EINSTEIN

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.049.398

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1825569_E2.pdf de 22/09/2021) e/ou do Projeto Detalhado/ Brochura do Investigador (Projeto_de_Doutorado_v4_limpo.docx de 13/09/2021).

Resumo:

Recentemente, estudos de neuroimagem tem revelado e explorado diversas redes cerebrais, formada por áreas que apresentam sincronia nos seus padrões de sinais. O estudo desses padrões de oscilação de sinal das redes pode ser a base para entendermos a cognição. Neste estudo, queremos expandir este conceito além de um indivíduo, de forma a avaliar explorar relação entre os sinais cerebrais de duas pessoas que estão interagindo. Desta forma iremos estudar o papel da conectividade funcional entre cérebros para a cooperação entre indivíduos, utilizando a técnica de espectroscopia por luz próxima ao infravermelho (NIRS). Serão incluídos 80 voluntários saudáveis divididos em 2 grupos: jovens adultos (18 a 35 anos); e idosos (de 60 a 75 anos). Os voluntários formarão duplas (jovem com jovem; idoso com idoso; idoso com jovem), de forma que cada sujeito participe de duas duplas. Para avaliação da interação, a dupla irá controlar um objeto ao longo de labirintos, sendo que cada voluntário irá controlar um eixo de movimentação, devendo

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br



Continuação do Parecer: 5.049.398

percorrer o trajeto no menor tempo possível e com o mínimo de colisões. Duas condições experimentais: uma com a percorrendo continuamente labirintos; outra realizando a tarefa em blocos, intercalados com condições de controle, nas quais o voluntário ou apenas observará a movimentação do objeto na tela, ou deverá imitar a movimentação. O nível de entrosamento das duplas será avaliado por questionários e pela performance dos voluntários na tarefa. Isso permitirá a correlação dos sinais cerebrais entre cérebros, medidos com o NIRS, com o nível de desempenho das duplas. Também, buscamos avaliar o efeito do envelhecimento saudável no entrosamento e no padrão de comunicação entre cérebros.

Hipótese:

Nestes experimentos, esperamos encontrar maior conectividade funcional entre os cérebros das duplas quando os indivíduos estiverem realizando a tarefa cooperativa, de forma que quanto melhor for seu desempenho (e seu entrosamento) maior será a correlação entre cérebros. De maneira mais detalhada, esperamos encontrar maior correlação de Pearson e maior coerência por wavelets (correlação no espectro de frequências) entre sinais medidos pela técnica de NIRS nas regiões de junção temporoparietal e do córtex pré-frontal medial. Dado que a conectividade intra e inter redes diminui com o envelhecimento saudável (Petti et al. 2016, La Corte et al. 2016), espera-se que a conectividade funcional entre cérebros também diminua nas duplas de idosos. Porém, as duplas de diferentes faixas etárias (Jovem e Idoso) podem apresentar uma correlação entre cérebros ainda menor, pois podem ter dificuldade de se entrosar ainda maior que as duplas da mesma faixa etária.

Metodologia Proposta:

Participação deste estudo ao todo 80 voluntários saudáveis: 40 voluntários adultos jovens (idade entre 18 e 35 anos); 40 voluntários idosos (idades entre 60 e 75 anos). O recrutamento dos voluntários será realizado inicialmente por e-mail destinado a diversas pessoas com a indicação que encaminhem a seus contatos. Também, contamos com a divulgação em cartazes nas universidades e no site do Instituto do Cérebro. Durante a pandemia de COVID-19, o foco será em voluntários que já estejam se deslocando na sua rotina para as instituições em que faremos coleta de dados, sem promover aumento na circulação de pessoas. Serão aplicados online os questionários: SRQ20, para descartar doenças psiquiátricas; HADS, para depressão e ansiedade; o

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br



HOSPITAL ISRAELITA ALBERT
EINSTEIN-SP



Continuação do Parecer: 5.049.398

questionário de Edimburgo, para dominância lateral; questionário sobre hábitos de uso de computador e jogos eletrônicos. Também serão aplicados presencialmente questionários para a sociabilidade e a empatia dos voluntários e os testes MOCA e nine-hole peg test. Usaremos o REDCap. As imagens serão obtidas com equipamento de espectroscopia de luz próxima ao infravermelho (NIRS) dos voluntários interagindo de acordo com os procedimentos explicados abaixo. Utilizaremos um sistema de NIRS (NIRX, Alemanha) utilizando 16 emissores e 16 receptores de luz, sendo 8 de emissores e 8 detectores por voluntário da sessão. Também será usado um conjunto de detectores de curta distância por voluntário. Os voluntários ficarão sentados em frente a um monitor com um teclado, sem terem contato visual um com o outro. Os voluntários serão separados em duplas, compondo três tipos de duplas: Jovem e Jovem; Jovem e Idoso; Idoso e Idoso. Cada voluntário participará de duas duplas: uma com parceiro de mesma faixa etária e outro com parceiro de outra faixa etária. Durante uma sessão de coleta de dados, duas condições de tarefa serão realizadas: tarefa de cooperação constante; e tarefa de cooperação em blocos. Na condição constante a dupla irá interagir durante 12 minutos, realizando a tarefa de mover um objeto de um extremo a outro de labirintos que aparecem sucessivamente na tela. Porém, os voluntários apenas poderão ver partes do labirinto próximas do objeto que controlam, de forma que não sabem o trajeto total do labirinto. Isso evita que os voluntários planejem o trajeto com antecedência. Cada voluntário da dupla irá controlar o deslocamento do objeto em um eixo, ou seja, um voluntário decide se o objeto vai para a direita ou para a esquerda, enquanto o outro decide se vai para cima ou para baixo. O voluntário poderá realizar cada movimento com 4 opções de velocidade para cada sentido (8 botões por voluntário). Esses movimentos serão controlados por teclados (um por voluntário). Ao concluir um labirinto, outro será apresentado imediatamente, para manter a interação. Já na tarefa de cooperação em blocos, três condições com duração de 1 minuto cada serão alternadas: cooperar para percorrer o labirinto conforme na tarefa constante; imitar um movimento definido previamente, cada voluntário de acordo com seu eixo; apenas observar um movimento gravado previamente. Cada condição será realizada 4 vezes, e a ordem entre elas será pseudo-randomizada, totalizando 12 minutos para esta tarefa. No início de cada bloco uma palavra na tela indicará o que o voluntário deve fazer. Para as condições de cooperação, os sujeitos serão instruídos a completarem os labirintos da maneira mais rápida possível, porém evitando bater nas paredes do labirinto. Ao final do experimento, aplicaremos um questionário para avaliar a sensação de entrosamento de cada voluntário. Antes do exame realizaremos um breve treinamento para cada sujeito separadamente, para familiarização com as trocas de labirintos e com os botões do teclado. Nesse treinamento o voluntário irá,

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss

Bairro: Morumbi

CEP: 05.652-000

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)2151-3729

Fax: (11)2151-0273

E-mail: cep@einstein.br



Continuação do Parecer: 5.049.398

primeiramente, se habituar aos botões e aos níveis de velocidade, e depois irá interagir com o pesquisador. Serão adotados protocolos de segurança para coleta de dados durante a pandemia de COVID.

Critério de Inclusão:

Possuir idade entre 18 e 35 ou entre 60 e 75 anos; não ter alteração neurológica conhecida; sem doença neurológica ou transtorno psiquiátrico; nível de educação primário – escolaridade mínima de 8 anos; destro.

Critério de Exclusão:

Apresentar contra-indicação ao exame de fNIRS; história de epilepsia, neurocirurgia, trauma craniano ou outras alterações neurológicas; outras doenças psiquiátricas; doença orgânica grave não controlada que possa interferir na condução do estudo, como neoplasias, cardiopatias, patologias digestivas, diabetes mellitus tipo I ou tipo II; qualquer outra condição que na opinião do investigador responsável torne problemática a inclusão do voluntário em um ensaio com dessa natureza, assim como voluntários que não aderem ou não cooperam.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Estudar as bases neurais da cooperação.

Objetivo Secundário:

Avaliar a conectividade funcional entre cérebros durante a realização de uma tarefa cooperativa, medindo a correlação entre sinais dos cérebros e também a coerência por wavelets. Verificar a evolução temporal da correlação e coerência por wavelets entre sinais dos cérebros ao longo da tarefa cooperativa. Estudar as diferenças na correlação e coerência por wavelets entre cérebros entre duplas de idosos e duplas de jovens adultos. Estudar o padrão de correlação e coerência por wavelets entre sinais dos cérebros durante cooperação entre idoso e jovem adulto, comparando com as duplas de mesma faixa etária.

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br



Continuação do Parecer: 5.049.398

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

A participação neste estudo envolve riscos mínimos. Ao utilizar a touca com os emissores e detectores de luz do fNIRS, o participante pode sentir desconforto, devido ao contato das fibras ópticas com a cabeça. Também, pode haver desconforto pelo ajuste da cadeira diante do computador. Para lidar com estes riscos físicos, os pesquisadores estarão sempre conversando com o voluntário para identificar o surgimento de algum desconforto e poder solucioná-lo rapidamente. Outros riscos, como psicológicos e inerentes à manutenção de sigilo e à confidencialidade durante a coleta e uso dos dados são mínimos, considerando a utilização de questionários validados para a avaliação neuropsicológica, e que os dados coletados são codificados de forma a não expor as identidades dos participantes nas etapas de análise de dados. Durante a pandemia, devemos considerar o risco de transmissão da COVID-19. Porém, considerando os protocolos adotamos (utilização de máscaras, álcool gel, higienização dos equipamentos, distanciamento, medição de temperatura e preferência por participantes que estejam na instituição durante sua rotina de trabalho), este risco também será minimizado.

Benefícios:

Não há benefício direto ao participante, pois trata-se de um estudo que busca entender a relação entre cérebros durante uma tarefa colaborativa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Emenda 1 ao protocolo conforme documento anexo: Declaracao_justificativa_emenda.pdf de 22/09/2021:

A atual emenda tem por objetivo uniformizar a versão do projeto e do termo de consentimento livre e esclarecido em todas as instituições, proponente (FMUSP) e coparticipantes (UFABC e HIAE). A emenda prévia, que teve por objetivo incluir o Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE) como instituição coparticipantes foi primeiro aprovada pela comitê da FMUSP, porém sofreu alterações à pedido do HIAE e, posteriormente, da UFABC. Sendo assim, as versões aprovadas em cada comitê apresentam pequenas diferenças. Considerando que a versão aprovada pela UFABC já incluía as alterações solicitadas e aprovadas pelas demais instituições, além das solicitações adicionais do

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br



Continuação do Parecer: 5.049.398

comitê da UFABC, estamos submetendo essa versão para uniformização em todas as instituições. Pequenas alterações na formatação do TCLE foram feitas para esta emenda, conforme solicitado no processo de validação documental na primeira tentativa de submissão. Além disso, a nova emenda permite ajustes nos campos do site da plataforma Brasil, que foram solicitados pelas instituições co-participantes, a fim de manter a coerência entre os campos preenchidos no site e o texto atualizado do projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

vide: Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações.

Recomendações:

vide: Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após análise, não foram observados óbices éticos.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Israelita Albert Einstein, de acordo com a Resolução CNS nº 466 de 2012 e Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação da emenda ao projeto de pesquisa proposto.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Outros	FORMULARIO_PARA_SUBMISSAO_D E_EMENDAS_E_BROCHURAS_emenda_para_uniformizar_as_verseoes_projeto.pdf	22/09/2021 03:32:23	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_justificativa_emenda.pdf	22/09/2021 03:32:13	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_v6_limpo.docx	22/09/2021 03:31:31	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TCLE_v6_com_alteracoes.docx	22/09/2021 03:31:24	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss

Bairro: Morumbi

CEP: 05.652-000

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)2151-3729

Fax: (11)2151-0273

E-mail: cep@einstein.br



Continuação do Parecer: 5.049.398

Justificativa de Ausência	TCLE_v6_com_alteracoes.docx	22/09/2021 03:31:24	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Carta_resposta_ao_parecerista_UFABC.pdf	13/09/2021 19:31:53	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Doutorado_v4_com_alteracoes.docx	13/09/2021 19:29:45	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Doutorado_v4_limpo.docx	13/09/2021 19:29:30	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Carta_resposta_ao_parecerista.pdf	12/05/2021 16:59:12	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_justificativa_inclusao_coparticipante_HIAE_assinada.pdf	26/03/2021 17:41:21	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_Instituicao_coparticipante_HIAE_assinada.pdf	26/03/2021 17:40:48	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Einstein_pdf.pdf	25/03/2021 14:16:36	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	cad_online_EAJ.PDF	04/06/2017 18:18:26	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	081_Edson_Amaro_Junior.PDF	04/06/2017 18:16:51	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	Anuencia_UFABC.pdf	04/06/2017 18:14:06	Edson Amaro Junior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

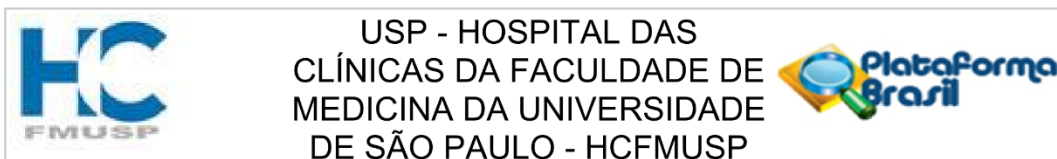
Não

SAO PAULO, 20 de Outubro de 2021

Assinado por:
Fabio Pires de Souza Santos
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Albert Einstein 627 - 2ss
Bairro: Morumbi **CEP:** 05.652-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2151-3729 **Fax:** (11)2151-0273 **E-mail:** cep@einstein.br

Anexo D: Aprovação do projeto final pelo comitê de ética da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação.

Pesquisador: Edson Amaro Junior

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 69431617.4.0000.0065

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.996.727

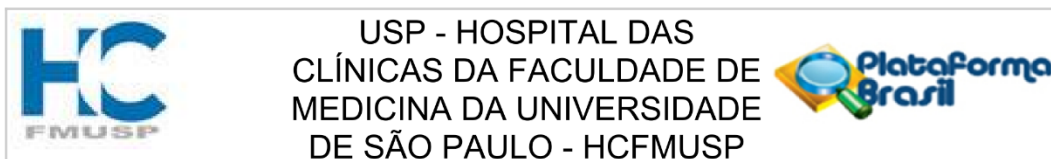
Apresentação do Projeto:

O presente projeto, já apresentado anteriormente a esta comissão e aprovado, refere-se a um estudo observacional e prospectivo em uma amostra de 80 pessoas da população normal (40 voluntários adultos jovens entre 18 e 35 anos; 40 voluntários normais idosos entre 60 e 75 anos), que tem como objetivo principal estudar as bases neurais da cooperação.

Apresenta como objetivos secundários avaliar a conectividade funcional entre cérebros durante a realização de uma tarefa cooperativa, medindo a correlação entre sinais dos cérebros e também a coerência por wavelets; verificar a evolução temporal da correlação e coerência por wavelets entre sinais dos cérebros ao longo da tarefa cooperativa; estudar as diferenças na correlação e coerência por wavelets entre cérebros entre duplas de idosos e duplas de jovens adultos; estudar o padrão de correlação e coerência por wavelets entre sinais dos cérebros durante cooperação entre idoso e jovem adulto, comparando com as duplas de mesma faixa etária.

A emenda que está sendo apresentada tem por objetivo uniformizar a versão do projeto e do termo de consentimento livre e esclarecido em todas as instituições, proponente (FMUSP) e coparticipantes (Universidade Federal do ABC -UFABC - e Hospital Israelita Albert Einstein - HIAE), uma vez que o projeto e o TCLE sofreram alterações a pedido das instituições coparticipantes. Sendo assim, as versões aprovadas em cada comitê apresentam pequenas diferenças. Além disso, a nova emenda permite ajustes nos campos do site da Plataforma Brasil, que foram solicitados

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br



Continuação do Parecer: 4.996.727

pelas instituições co-participantes, a fim de manter a coerência entre os campos preenchidos no site e o texto atualizado do projeto.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo da presente emenda é uniformizar a versão do projeto e do termo de consentimento livre e esclarecido em todas as instituições, proponente (FMUSP) e coparticipantes (UFABC e HIAE).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A presente emenda não resulta em alteração de riscos e benefícios do estudo

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Documentos apresentados sem problemas éticos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O termo de consentimento está adequado, contemplando todas as exigências de ética em pesquisa. Foram realizadas pequenas alterações na formatação do TCLE conforme solicitado no processo de validação documental.

Recomendações:

Sugiro aprovação da emenda.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

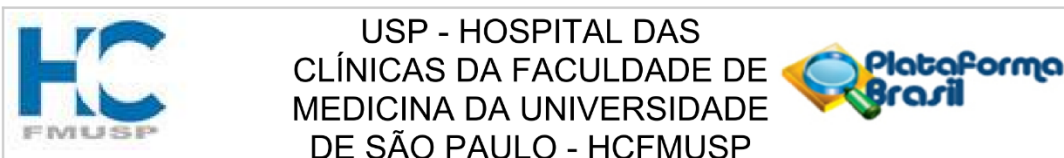
Protocolo sem pendências éticas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1825569_E2.pdf	22/09/2021 03:33:21		Aceito
Outros	FORMULARIO_PARA_SUBMISSAO_D E_EMENDAS_E_BROCHURAS_emenda_para_uniformizar_as_verseoes_projeto.pdf	22/09/2021 03:32:23	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_justificativa_emenda.pdf	22/09/2021 03:32:13	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE_v6_limpo.docx	22/09/2021 03:31:31	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br



Continuação do Parecer: 4.996.727

Ausência	TCLE_v6_limpo.docx	22/09/2021 03:31:31	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_v6_com_alteracoes.docx	22/09/2021 03:31:24	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Carta_resposta_ao_parecerista_UFABC.pdf	13/09/2021 19:31:53	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Doutorado_v4_com_alteracoes.docx	13/09/2021 19:29:45	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Doutorado_v4_limpo.docx	13/09/2021 19:29:30	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Carta_resposta_ao_parecerista.pdf	12/05/2021 16:59:12	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_justificativa_inclusao_coparticipante_HIAEassinada.pdf	26/03/2021 17:41:21	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_Instituicao_coparticipante_HIAEassinada.pdf	26/03/2021 17:40:48	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Einstein_pdf.pdf	25/03/2021 14:16:36	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	cad_online_EAJ.PDF	04/06/2017 18:18:26	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	081_Edson_Amaro_Junior.PDF	04/06/2017 18:16:51	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	Anuencia_UFABC.pdf	04/06/2017 18:14:06	Edson Amaro Junior	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_EAJ.PDF	04/06/2017 18:09:14	Edson Amaro Junior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 24 de Setembro de 2021

Assinado por:
ALFREDO JOSE MANSUR
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br

Anexo E: Aprovação do projeto final pelo comitê de ética da Universidade Federal do ABC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

Elaborado pela Instituição Coparticipante

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação.

Pesquisador: Edson Amaro Junior

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 69431617.4.3001.5594

Instituição Proponente: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - UFABC

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.151.854

Apresentação do Projeto:

A atual emenda tem por objetivo uniformizar a versão do projeto e do termo de consentimento livre e esclarecido em todas as instituições, proponente (FMUSP) e coparticipantes (UFABC e HIAE). A emenda prévia, que teve por objetivo incluir o Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE) como instituição coparticipantes foi primeiro aprovada pela comitê da FMUSP, porém sofreu alterações à pedido do HIAE e, posteriormente, da UFABC. Sendo assim, as versões aprovadas em cada comitê apresentam pequenas diferenças. Considerando que a versão aprovada pela UFABC já incluía as alterações solicitadas e aprovadas pelas demais instituições, além das solicitações adicionais do comitê da UFABC, estamos submetendo essa versão para uniformização em todas as instituições. Pequenas alterações na formatação do TCLE foram feitas para esta emenda, conforme solicitado no processo de validação documental na primeira tentativa de submissão.

Objetivo da Pesquisa:

"Estudar as bases neurais da cooperação."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

"Riscos:

A participação neste estudo envolve riscos mínimos. Ao utilizar a touca com os emissores e detectores de luz do fNIRS, o participante pode sentir desconforto, devido ao contato das fibras ópticas com a cabeça. Também, pode haver desconforto pelo ajuste da cadeira diante do

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar
Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580
UF: SP **Município:** SANTO ANDRE
Telefone: (11)3356-7637 **E-mail:** cep@ufabc.edu.br



Continuação do Parecer: 5.151.854

computador. Para lidar com estes riscos físicos, os pesquisadores estarão sempre conversando com o voluntário para identificar o surgimento de algum desconforto e poder solucioná-lo rapidamente. Outros riscos, como psicológicos e inerentes à manutenção de sigilo e à confidencialidade durante a coleta e uso dos dados são mínimos, considerando a utilização de questionários validados para a avaliação neuropsicológica, e que os dados coletados são codificados de forma a não expor as identidades dos participantes nas etapas de análise de dados. Durante a pandemia, devemos considerar o risco de transmissão da COVID-19. Porém, considerando os protocolos adotamos (utilização de máscaras, álcool gel, higienização dos equipamentos, distanciamento, medição de temperatura e preferência por participantes que estejam na instituição durante sua rotina de trabalho), este risco também será minimizado.

Benefícios:

Não há benefício direto ao participante, pois trata-se de um estudo que busca entender a relação entre cérebros durante uma tarefa colaborativa."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este estudo é prospectivo em uma amostra da população normal, com idades entre 18 e 35 anos (n=40) e entre 60 e 75 anos (n=40). Espera-se encontrar maior conectividade funcional entre os cérebros das duplas quando os indivíduos estiverem realizando a tarefa cooperativa, de forma que quanto melhor for seu desempenho (e seu entrosamento) maior será a correlação entre cérebros. A conectividade intra e inter redes diminui com o envelhecimento saudável e portanto espera-se que a conectividade funcional entre cérebros também diminua nas duplas de idosos. Porém, as duplas de diferentes faixas etárias (Jovem e Idoso) podem apresentar uma correlação entre cérebros ainda menor, pois podem ter dificuldade de se entrosar ainda maior que as duplas da mesma faixa etária.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE atende as solicitações deste comitê.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar
Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580
UF: SP **Município:** SANTO ANDRÉ
Telefone: (11)3356-7637 **E-mail:** cep@ufabc.edu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ABC



Continuação do Parecer: 5.151.854

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Outros	FORMULARIO_PARA_SUBMISSAO_D E_EMENDAS_E_BROCHURAS_emend a_para_uniformizar_as_verseoes_projeto. pdf	22/09/2021 03:32:23	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_justificativa_emenda.pdf	22/09/2021 03:32:13	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_v6_limpo.docx	22/09/2021 03:31:31	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_v6_com_alteracoes.docx	22/09/2021 03:31:24	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Carta_resposta_ao_parecerista_UFABC .pdf	13/09/2021 19:31:53	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Doutorado_v4_com_alterac oes.docx	13/09/2021 19:29:45	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Doutorado_v4_limpo.docx	13/09/2021 19:29:30	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Carta_resposta_ao_parecerista.pdf	12/05/2021 16:59:12	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_justificativa_inclusao_copart icipante_HIAE_assinada.pdf	26/03/2021 17:41:21	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Declaracao_Instituicao_coparticipante_ HIAE_assinada.pdf	26/03/2021 17:40:48	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	Einstein_pdf.pdf	25/03/2021 14:16:36	PAULO RODRIGO BAZAN	Aceito
Outros	cad_online_EAJ.PDF	04/06/2017 18:18:26	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	081_Edson_Amaro_Junior.PDF	04/06/2017 18:16:51	Edson Amaro Junior	Aceito
Outros	Anuencia_UFABC.pdf	04/06/2017 18:14:06	Edson Amaro Junior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar
Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580
UF: SP **Município:** SANTO ANDRE
Telefone: (11)3356-7637 **E-mail:** cep@ufabc.edu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DO
ABC



Continuação do Parecer: 5.151.854

SANTO ANDRE, 07 de Dezembro de 2021

Assinado por:
Gabriela Farias Asmus
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida dos Estados, 5001, Bloco A, Torre I, 1º andar

Bairro: Santa Terezinha **CEP:** 09.210-580

UF: SP **Município:** SANTO ANDRE

Telefone: (11)3356-7637

E-mail: cep@ufabc.edu.br

APÊNDICES

Apêndice A: Antecedentes médicos (avaliação dos critérios de exclusão)

1) Tem algum problema de saúde (diabetes, pressão alta, cardiopatias, patologias digestivas, câncer, etc.)? () Sim; () Não

(Se sim) Qual?

2) Já teve algum tipo de doença que tenha deixado sequelas? () Sim; () Não

(Se sim) Qual?

3) Já teve algum diagnóstico de doença psiquiátrica? () Sim; () Não

(Se sim) Qual?

4) Já fez algum tipo de acompanhamento psiquiátrico ou psicológico? () Sim; () Não

(Se sim) Por qual motivo?

5) Já teve traumatismo craniano? () Sim; () Não

6) Já fez alguma neurocirurgia? () Sim; () Não

(Se sim) Qual?

7) Já teve algum diagnóstico de doença neurológica (Epilepsia, Demência, Parkinson, etc.)? () Sim; () Não

(Se sim) Qual?

8) Faz uso de alguma medicação? () Sim; () Não

(Se sim) Qual?

9) Já fez uso abusivo de álcool ou drogas (dependência química)? () Sim; () Não

Apêndice B: Perguntas sobre uso de computador, jogos eletrônicos e habilidade manual

- 1) Em média, quantas horas por dia você usa um smartphone ou tablet sem teclado (tempo com a tela ligada)?
- 2) Em média, quantas horas por dia você usa um computador ou tablet com teclado?
- 3) Em uma escala de 0 (péssima) a 10 (excelente), que nota você dá para sua habilidade usando um teclado de computador ou tablet?
- 4) Em média, quantas horas por dia você joga jogos eletrônicos?
- 5) Em uma escala de 0 (péssima) a 10 (excelente), que nota você dá para sua habilidade em jogos eletrônicos de forma geral?
- 6) Para jogar os jogos qual(is) interface(s) você costuma usar (marque todas que tiver o hábito de usar):
 - a) Teclado;
 - b) GamePad (controle);
 - c) Mouse;
 - d) Touchscreen;
 - e) Movimentação do dispositivo (Ex: girar o smartphone)
 - f) Outra (qual?____)
 - g) Não tenho o hábito de jogar jogos eletrônicos.
- 7) Para jogar os jogos qual das interfaces você mais usa:
 - a) Teclado;
 - b) GamePad (controle);
 - c) Mouse;
 - d) Touchscreen;
 - e) Movimentação do dispositivo (Ex: girar o smartphone)
 - f) Outra (qual?____)
 - g) Não tenho o hábito de jogar jogos eletrônicos.
- 8) Você pratica ou já praticou alguma atividade que ajude a desenvolver sua habilidade manual com os dedos (por exemplo, tocar piano, violino, ou outros

instrumentos musicais)?

(Se sim) Qual atividade?

(Se sim) Por quanto tempo praticou ou há quanto tempo pratica essa atividade?

Apêndice C: Questionário pós-experimento

- 1) Foi fácil controlar o jogo? () Sim () Não
Por quê?

- 2) Dê uma nota de 0 (muito difícil) a 10 (muito fácil) para o uso do teclado para controlar o jogo

- 3) Dê uma nota de 0 a 10 para o seu desempenho:
 - a) Na tarefa contínua;
 - b) Na tarefa em blocos em geral;
 - c) Na imitação durante a tarefa em blocos;
 - d) Na interação durante a tarefa em blocos.

- 4) Dê uma nota de 0 a 10 para o desempenho de seu(sua) colega:
 - a) Na tarefa contínua;
 - b) Na interação durante a tarefa em blocos.

- 5) Dê uma nota de 0 a 10 para o desempenho de sua dupla (você e seu(sua) colega) de forma geral:
 - a) Na tarefa contínua;
 - b) Na interação durante a tarefa em blocos.

- 6) Dê uma nota de 0 a 10 para o entrosamento em sua dupla (entre você e seu(sua) colega):
 - a) Na tarefa contínua;
 - b) Na interação durante a tarefa em blocos.

- 7) Na sua opinião, quem estava liderando ou guiando durante o jogo:
 - () Você;
 - () Seu (sua) colega;
 - () Nenhum dos dois;
 - () Ambos se intercalaram liderando;
 - () Não sei definir.

- 8) Por qual porcentagem do tempo você foi o líder:
 - a) Na tarefa contínua;

- b) Na interação durante tarefa em blocos.
- 9) Por qual porcentagem do tempo seu(sua) colega foi o(a) líder:
- a) Na tarefa contínua;
 - b) Na interação durante tarefa em blocos.
- 10) Descreva qual estratégia ou lógica você usou para jogar o jogo junto com seu(sua) colega.
- 11) Comente sobre o desempenho e o entrosamento da dupla ao longo da tarefa destacando os melhores e piores momentos:
- a) Na tarefa contínua;
 - b) Na tarefa em blocos.
- 12) Você gostou de jogar o jogo?
- 13) Dê uma nota de 0 (muito chato) a 10 (muito legal) para o jogo.
- 14) Você sentiu algum desconforto durante o experimento?
- 15) Dê uma nota de 0 (nenhum desconforto) a 10 (extremo desconforto) para seu desconforto durante o experimento.

Você indicaria este experimento para um amigo? () Sim () Não

Apêndice D: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Versão 6 de 22 de setembro de 2021

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS SOBRE A PESQUISA

TÍTULO DA PESQUISA: **Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação.**

PESQUISADOR PRINCIPAL: **Edson Amaro Junior**

CARGO/FUNÇÃO (FMUSP): Professor Associado

INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº 78604 (CRM)

UNIDADE DO HCFMUSP: **Departamento de Radiologia**

Título do projeto: Estudo da conectividade funcional entre cérebro de pessoas em cooperação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Versão 6 de 22 de setembro de 2021

Nome do Pesquisador Principal: Edson Amaro Junior

Rubrica do participante da pesquisa / Representante Legal _____

Rubrica do pesquisador responsável _____

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN**

1 –Objetivo(s) e apresentação do estudo:

Você está sendo convidado(a) a participar do estudo intitulado “Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação”. O objetivo do estudo é entender como é a resposta do cérebro quando duas pessoas interagem para atingir um mesmo objetivo. Seres humanos são naturalmente sociais, entretanto não se conhece em detalhes como o cérebro funciona durante os comportamentos sociais. Entre estes comportamentos sociais estão aquelas condições em que colaboramos uns com os outros para atingir um objetivo comum. Também não se sabe bem como está a atividade do cérebro quando pessoas desenvolvem a cooperação e melhoram o entrosamento. Sendo assim, este estudo busca avaliar a relação entre os sinais cerebrais de duas pessoas realizando uma tarefa cooperativa. Procuraremos observar a conectividade entre cérebros e o entrosamento dos participantes. Para isso, convidamos você a participar deste estudo em três etapas: a primeira é a etapa de triagem remota, realizada por meio de um computador ligado à internet (*online*); a segunda e a terceira etapas são participações presenciais quando iremos colher informações que incluem questionários, escalas e testes neuropsicológicos e também será quando iremos colher dados do funcionamento do seu cérebro durante uma tarefa que envolve cooperação com uma outra pessoa. Abaixo explicamos em mais detalhes.

2 – Descrição dos procedimentos que serão realizados, com seus propósitos e identificação dos que forem experimentais e não rotineiros:

Este estudo, conforme já assinalado acima, está dividido em 3 etapas principais, descritas a seguir:

a) Etapa de triagem *online*. Na primeira etapa, você será convidado a preencher alguns questionários que serão apresentados em uma página específica do estudo que você poderá acessar via conexão com a internet. Estes questionários servirão como uma etapa inicial de triagem. Esta primeira etapa tem objetivo de certificar se você se enquadra nos critérios de participação deste estudo, e também para verificar seu uso de computador, jogos eletrônicos e habilidade manual. Alguns dos questionários, apesar de não terem finalidade de diagnóstico (não servem para este propósito) serão utilizados para avaliar itens que fazem parte da sua saúde e alguns sintomas de ansiedade e depressão. Após esta etapa de triagem, a equipe da pesquisa entrará em contato com você para avisar os resultados desta etapa, ou seja, se você está elegível de acordo com os critérios para o estudo ou não. É importante notar que o intervalo entre a participação *online* e o contato pode

Título do projeto: Estudo da conectividade funcional entre cérebro de pessoas em cooperação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Versão 6 de 22 de setembro de 2021

Nome do Pesquisado Principal: Edson Amaro Junior

Rubrica do participante da pesquisa / Representante Legal _____

Rubrica do pesquisador responsável _____

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN**

ser de até duas semanas. Caso esteja tudo bem, neste contato será agendada a realização das duas etapas de coleta. Durante a pandemia de COVID-19, será dada prioridade aos voluntários que já estejam vacinados e que já estiverem se deslocando para a unidade Morumbi do Hospital Israelita Albert Einstein na sua rotina de trabalho. Ou seja, aqueles que já estão imunizados e rotineiramente comparecendo no Hospital, que será o local onde as duas próximas etapas presenciais serão realizadas. De acordo com a evolução e resolução da pandemia, estão também programadas coletas na Universidade Federal do ABC.

E por outro lado, caso a primeira etapa não mostre que você tem os critérios necessários, você será informado e não poderá seguir no estudo. Ainda, caso algum resultado atípico seja encontrado nos seus questionários, você também receberá orientações para o encaminhamento adequado.

b) Etapa de coleta de dados presenciais - primeira fase. Nas duas próximas etapas, você realizará testes neuropsicológicos para uma breve avaliação da sua habilidade motora e cognitiva. Também serão aplicados questionários para avaliar sua sociabilidade e empatia. É também nestas duas etapas presenciais que iremos obter dados da atividade do seu cérebro. Isto será realizado com o equipamento específico, chamado de Espectroscopia Funcional por Infravermelho Próximo (a sigla em inglês é fNIRS – *functional Near Infrared Spectroscopy*). Este equipamento obtém sinais indiretos da atividade cerebral por meio de luz. Para isto, iremos colocar uma touca com emissores e receptores de luz na sua cabeça. Pode ser necessário aplicar uma pequena quantidade de gel para organizar seu cabelo, de forma a permitir a passagem da luz. Você ficará sentado e esta touca contém fios que estarão ligados num computador para registrar a atividade cerebral. Neste momento serão realizados testes para checar se estamos registrando corretamente os sinais do seu cérebro e poderá ser necessário ajustar a touca ou seu cabelo. Após este momento, você fará um treinamento de cerca de 10 a 15 minutos em um jogo que foi elaborado especificamente esta pesquisa com objetivo de estudar a cooperação entre duas pessoas. Neste jogo, você irá utilizar as teclas do teclado de um computador para mover um ponto na tela, e o treinamento servirá para você aprender a como controlar o jogo. Quando você tiver praticado e aprendido as regras do jogo, iremos então começar a coleta de dados enquanto você joga. O jogo será jogado em duplas, de forma que você irá interagir com outra pessoa, mas apenas pelo jogo de computador (sem contato visual ou comunicação direta, e mantendo o distanciamento social durante a pandemia de COVID-19). Você jogará o jogo duas “partidas”, cada uma com duração de 12 minutos, com uma breve pausa entre

Título do projeto: Estudo da conectividade funcional entre cérebro de pessoas em cooperação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Versão 6 de 22 de setembro de 2021

Nome do Pesquisado Principal: Edson Amaro Junior

Rubrica do participante da pesquisa / Representante Legal _____

Rubrica do pesquisador responsável _____

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN**

elas. Sendo assim, o tempo de jogo deve ser de cerca de 30 minutos. Após o jogo, a touca será retirada e você responderá a um questionário criado para esta pesquisa sobre sua percepção sobre o jogo. Dessa forma, o tempo total para cada etapa de coleta presencial deve ser de aproximadamente 1h30m, contando aplicação dos questionários, treinamento do jogo, posicionamento da touca, e tempo de jogo.

c) Etapa de coleta de dados presenciais - segunda fase. Esta etapa acontecerá num intervalo de uma semana a um mês após a etapa presencial acima (item b). Nesta última etapa serão realizados os mesmos procedimentos descritos na etapa presencial acima (item b), porém o treinamento será mais curto e nem todos os questionários serão aplicados. Você irá novamente participar de duas “partidas” do jogo da mesma maneira que na etapa presencial acima (item b).

3 – Relação dos procedimentos rotineiros e como são realizados:

A coleta de dados de sinal cerebral por meio do fNIRS segue padrões rotineiros em pesquisa, assim como a forma de aplicação dos questionários e escalas e testes neuropsicológicos. Os questionários *online* são aplicados utilizando uma página na internet gerada por meio de uma plataforma segura, chamada REDCap na etapa de triagem *online* (conforme explicado no item 2a). As duas etapas seguintes com atividades presenciais serão conduzidas por pesquisadores devidamente capacitados para a aplicação dos questionários, dos testes neuropsicológicos e para a coleta dos sinais cerebrais por meio do fNIRS. Ao chegar ao local da realização do estudo, você fará seu cadastro, de acordo com as regras da instituição onde será realizada a coleta. Então será encaminhado para a coleta dos dados quando os pesquisadores irão instruí-lo sobre como preencher cada questionário, ou irão perguntar diretamente para você, registrando as respostas, de acordo com o questionário. De maneira semelhante, nos testes neuropsicológicos os pesquisadores irão pedir que você execute algumas tarefas que formam estes testes. Para a coleta de dados de sinal cerebral, os pesquisadores irão: medir sua cabeça para posicionamento da touca; ajustar o contato dos emissores e detectores de luz, penteando ou redirecionando o cabelo e aplicando um gel, se necessário; e posicionar uma sobre touca para proteger da interferência de luz externa. Será realizada a coleta de dados cerebrais durante o treinamento e durante sua participação nas duas “partidas” do jogo, conforme explicado acima. Após estas atividades, você responderá um questionário final sobre o experimento. E durante todo tempo das atividades presenciais, um

Título do projeto: Estudo da conectividade funcional entre cérebro de pessoas em cooperação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Versão 6 de 22 de setembro de 2021

Nome do Pesquisado Principal: Edson Amaro Junior

Rubrica do participante da pesquisa / Representante Legal _____

Rubrica do pesquisador responsável _____

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN**

pesquisador estará disponível para orientá-lo e no final das etapas presenciais irá acompanhá-lo até a saída da instituição.

Durante a pandemia de COVID-19, você, os pesquisadores e as demais pessoas envolvidas na coleta de dados deverão usar máscaras durante todo o experimento. No Hospital Israelita Albert Einstein, na entrada da instituição, caso esteja usando uma máscara de tecido, você receberá gratuitamente uma máscara cirúrgica descartável para substituir a máscara de tecido. Serão adotadas outras medidas para reduzir o risco de contaminação, conforme as recomendações vigentes no momento da coleta, como: medição de temperatura na entrada da instituição; uso de álcool gel antes e depois da utilização do teclado, ficando o álcool gel disponível para uso ao longo do experimento (menos durante as partidas do jogo); higienização dos equipamentos entre seções de coleta de dados; distanciamento social entre você e sua dupla. Os pesquisadores também irão manter o distanciamento social, se aproximando de você (ficando a menos de 1 metro) somente quando necessário, como para posicionar a touca em sua cabeça.

4 –Descrição dos possíveis desconfortos e riscos esperados e condução de eventuais achados incidentais nos procedimentos dos itens 2 e 3:

Ao utilizar a touca com os emissores e detectores de luz, você pode sentir algum desconforto, devido ao contato das fibras ópticas com a cabeça. Também, pode haver desconforto pelo ajuste da cadeira diante do computador. É importante saber que sempre que você demonstrar cansaço ou algum desconforto deste tipo deverá informar o pesquisador, que irá buscar solucionar o problema. Além disso, você pode sempre poderá optar por interromper o experimento em qualquer momento. Caso necessário durante sua participação, você será orientado e encaminhado para receber o acompanhamento médico adequado. De forma semelhante, caso seja identificado algum valor anormal nos questionários de triagem, os voluntários serão contatados e serão orientados em como seguir para que o achado tenha acompanhamento médico adequado. Outros riscos, como psicológicos e inerentes à manutenção de sigilo e à confidencialidade durante a coleta e uso dos dados são mínimos, considerando a utilização de questionários validados para a avaliação neuropsicológica, e que os dados coletados são codificados de forma a não expor as identidades dos participantes nas etapas de análise de dados. Durante a pandemia, sua participação presencial

Título do projeto: Estudo da conectividade funcional entre cérebro de pessoas em cooperação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Versão 6 de 22 de setembro de 2021

Nome do Pesquisado Principal: Edson Amaro Junior

Rubrica do participante da pesquisa / Representante Legal _____

Rubrica do pesquisador responsável _____

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN**

nas coletas pode trazer o risco de contágio, porém, considerando os protocolos adotados, este risco é mínimo.

5 – Benefícios para o participante:

Não há benefício direto para você ao participar deste estudo, pois trata-se de um estudo que busca entender a relação entre cérebros durante uma tarefa colaborativa. O benefício de sua participação será para geração de conhecimento e para desenvolvimento científico.

6 – Relação de procedimentos alternativos que possam ser vantajosos, pelos quais o paciente pode optar:

Os procedimentos deste estudo são muito específicos para cumprir seus objetivos, de forma que não existem alternativas aos mesmos.

7 – Garantia de acesso:

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr. Edson Amaro Junior, que pode ser encontrado no endereço Av. Dr. Arnaldo, 455 - 4o andar, sala 4113 Telefone(s) 3061-7487 / 2661-7619. O pesquisador executante, Paulo Rodrigo Bazán, também pode ser contatado em qualquer momento para esclarecer as dúvidas sobre o estudo (telefone: 2151-3354 ou 2151-1031; e-mail: paulo.bazan@usp.br ou paulo.bazan@einstein.br). Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com a Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do HCFMUSP (CAPPesq): Rua Dr. Ovídeo Pires de Campos, 255 - Cerqueira César - São Paulo - SP - 5º andar – Prédio da Administração - CEP: 05403-010, horário de atendimento: das 7h às 16h de segunda a sexta-feira; Telefones: (11) 2661-7585, (11) 2661-1548, (11) 2661-1549; E-mail: cappesq.adm@hc.fm.usp.br. Você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Albert Einstein: Avenida Albert Einstein 627, Jardim Leonor, São Paulo – SP, 2º subsolo do bloco A; CEP: 05652-900; horário de atendimento: das 7h às 17h; Telefone: (11) 2151-3729 / FAX: (11) 2151-0273; E-mail: cep@einstein.br. Reclamações, elogios e sugestões poderão ser encaminhados ao Sistema de Atendimento ao Cliente (SAC) por meio do telefone (11) 2151-0222 ou do formulário identificado como “fale conosco”, disponível na página da pesquisa clínica do Hospital Israelita Albert Einstein, ou pessoalmente.

Título do projeto: Estudo da conectividade funcional entre cérebro de pessoas em cooperação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Versão 6 de 22 de setembro de 2021

Nome do Pesquisado Principal: Edson Amaro Junior

Rubrica do participante da pesquisa / Representante Legal _____

Rubrica do pesquisador responsável _____

**FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN**

8 – Você tem garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

9 – Direito de confidencialidade:

As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros voluntários, não sendo divulgada sua identificação e nem de nenhum voluntário do estudo;

10 – Você tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores.

11 – Despesas e compensações:

Não há despesas pessoais para você em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há pagamento como compensação da sua participação. Quando necessário será oferecido um vale-lanche ou vale-refeição, para que os participantes não tenham custo com alimentação devido à pesquisa. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa, como no caso de despesas com o transporte necessário para participação na pesquisa. As necessidades de transporte e alimentação serão avaliadas no momento do agendamento da participação na pesquisa, e os vales ou o ressarcimento serão disponibilizados no dia e no local de cada participação.

12 – Os pesquisadores se comprometem a utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

13 – Ao assinar este termo você não abre mão de nenhum direito legal, incluindo o direito de buscar indenização em caso de dano decorrente de sua participação.

14 – Você receberá uma via assinada, datada e rubricada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, ficando o pesquisador com outra via assinada, datada e rubricada no dia da primeira coleta presencial.

Título do projeto: Estudo da conectividade funcional entre cérebro de pessoas em cooperação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Versão 6 de 22 de setembro de 2021

Nome do Pesquisado Principal: Edson Amaro Junior

Rubrica do participante da pesquisa / Representante Legal _____

Rubrica do pesquisador responsável _____

FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN

Esperamos tê-lo informado a respeito das informações do estudo “Estudo da conectividade funcional entre cérebros de pessoas em cooperação”, esclarecendo os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Também, reafirmamos que sua participação é isenta de despesas e que você tem garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Caso concorde em participar, você receberá uma via assinada, datada e rubricada deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, ficando o pesquisador com outra via assinada, datada e rubricada, indicando que você concorda voluntariamente em participar deste estudo. Reiteramos que você poderá retirar o seu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que possa ter adquirido, ou no seu atendimento neste Serviço.

----- Data ____ / ____ / ____

Nome do voluntário/representante legal

Assinatura do voluntário/representante legal

----- Data ____ / ____ / ____

Assinatura do responsável pelo estudo

Título do projeto: Estudo da conectividade funcional entre cérebro de pessoas em cooperação

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Versão 6 de 22 de setembro de 2021

Nome do Pesquisado Principal: Edson Amaro Junior

Rubrica do participante da pesquisa / Representante Legal _____

Rubrica do pesquisador responsável _____