

# Os cegos congênitos e o processamento de metáforas equativas audiodescritas mapeado por fMRI

*Congenitally blind individuals and the processing of audiodescribed equative  
metaphors mapped by Fmri*

Saulo César PAULINO e SILVA\*  
Universidade de São Paulo (USP)

Maria Célia LIMA-HERNANDES\*\*  
Universidade de São Paulo (USP)

Hernán Joel Cervantes RODRIGUEZ\*\*\*  
Universidade de São Paulo (USP)

**RESUMO:** Os estudos neuronais com cegos congênitos ainda são pouco divulgados, no Brasil, particularmente sobre o mapeamento cerebral no reconhecimento de metáforas equativas, interpretadas em gradiente de complexidade e a aferição do tempo usado nesse processo de reconhecimento. Nessa perspectiva, esta pesquisa se destaca como um avanço na investigação sobre o processamento de linguagem, proporcionando, interdisciplinarmente, que os participantes, cegos congênitos, se submetam a tarefas cujo centro de atenção é a metáfora audiodescrita em níveis diversos de abstração. Usa-se fMRI (*functional Magnetic Resonance Imaging*) como ferramenta de suporte para mapear a atividade cerebral em tempo real, contribuindo, assim, para a mensuração e análise do tempo de resposta no processamento metafórico durante as atividades cognitivas e perceptuais. Com o avanço de nossa investigação, houve a premência de revisar os seguintes pontos-chave da proposta inicial: a. As perguntas de pesquisa; b. As hipóteses; c. A bibliografia relacionada com o tempo de processamento de pessoas cegas e o uso da fMRI.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cegos congênitos. Mapeamento cerebral. Metáforas audiodescritas. Linguagem complexa. fMRI

**ABSTRACT:** Neuronal studies involving congenitally blind individuals are still rarely disseminated in Brazil, particularly regarding brain mapping in the recognition of equative metaphors interpreted along a complexity gradient and the measurement of the time required for this recognition process. From this perspective, this research stands out as an advancement in the investigation of language processing, providing an interdisciplinary approach in which congenitally blind participants engage in tasks centered on audio-described metaphors at various levels of abstraction. Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) is used as a support tool to map brain activity in real time, thereby contributing to the measurement and analysis of

---

\* Doutor em Linguística Aplicada, Pós-Doutorando, Universidade de São Paulo, FFLCH, CNPq.

\*\* Doutora em Linguística Teórica, Professora Titular, Universidade de São Paulo, FFLCH, IEA, CNPq.

\*\*\* Doutor em Física, Universidade de São Paulo, Instituto de Física, CNPq.

response times in metaphorical processing during cognitive and perceptual activities. As our investigation progressed, it became necessary to revise the following key aspects of the initial proposal: (a) the research questions; (b) the hypotheses; and (c) the bibliography related to the processing time of blind individuals and the use of fMRI.

**KEYWORDS:** Congenital blindness. Brain mapping. Audio-described metaphors. Complex language. fMRI.

## **Introdução**

As respostas a respeito dos estudos neuronais de cegos congênitos ainda são pouco conhecidas, naquilo que diz respeito ao mapeamento cerebral do processo de reconhecimento de metáforas equativas, interpretadas em gradiente de complexidade. As construções metafóricas, legítimas representantes desse tipo de desenvolvimento dos aspectos dinâmicos da linguagem, embora tenham sido mais estudadas, por meio de itens isolados em palavras, pouco dessas descobertas puderam contribuir, de forma efetiva, para ações sociais mais concretas, e por isso a necessidade de serem estudadas com mais atenção, especialmente no campo da cegueira.

Partindo do conceito de linguagem corporeada, é possível afirmar que a construção metafórica se serviria dessas bases para produzir um movimento dinâmico em que a linguagem mais complexa se construiria a partir daquela menos complexa (Gonçalves *et al.*, 2007). Levando-se em consideração que a dinâmica desse movimento estaria relacionada com o fator processamento da informação, é fundamental destacar o trabalho desenvolvido por DALE, *et al.*, 1999, no qual é desenvolvido um *designer* experimental mais adequado para os estudos de fMRI no qual é apresentada uma perspectiva interessante para se garantir que as tarefas de processamento de metáforas sejam estruturadas de maneira a se assegurar efetivamente o registro dos tempos de respostas dos voluntários.

Tendo-se essa perspectiva como ponto de partida, nossa investigação apresenta como objetivo específico construir uma análise comparativa a respeito do tempo de resposta às metáforas pelo cego congênito e, dessa forma, pressupor se haveria diferença no processamento de identificação de metáforas equativas entre cegos congênitos e videntes. Para o critério de aferição, será empregado o tempo de processamento (reconhecimento) de metáforas audiodescritas no equipamento de ressonância magnética (fMRI).

As perguntas de pesquisa, fundamentais na exploração temática, se organizaram da seguinte maneira:

1. Os diferentes tipos de metáforas equativas e os seus variados graus de complexidade poderão se refletir no tempo de processamento?

2. Esse processamento de metáforas poderá ativar áreas distintas do cérebro, levando-se em consideração que a plasticidade cerebral possibilita o recrutamento de neurônios para executar diferentes tarefas?

As respostas para essas perguntas, ainda no campo das hipóteses, apresentam as seguintes proposituras gerais:

1. A relação dos diferentes tipos de metáforas e suas características, mais ou menos complexas, representadas na primeira pergunta, requer um processamento cognitivo mais extenso, que poderá resultar em tempos de resposta mais longos. A investigação dessa relação provavelmente abrirá caminhos para se questionar sobre a estrutura, o conteúdo de metáforas e sua relação com a possibilidade de influenciarem em sua compreensão e interpretação.

2. A segunda pergunta de pesquisa nos leva a examinar a relação entre o processamento de diferentes tipos de metáfora e a atividade cerebral associada, pois haveria a probabilidade de que as metáforas mais complexas poderiam ativar áreas cerebrais adicionais envolvidas no processamento de linguagem figurativa e na formação de imagens mentais, influenciando no tempo de resposta. Portanto, o mapeamento dessas áreas contribuiria para a identificação de redes neurais específicas envolvidas na compreensão de metáforas e na integração de diferentes tipos de informação.

Nesse contexto investigativo, faremos uso da fMRI (*functional Magnetic Resonance Imaging*), pois essa é uma ferramenta de suporte importante, que permite observar a atividade cerebral, em tempo real, mapeando quais áreas do cérebro estão ativas durante tarefas cognitivas e perceptuais.

Em síntese, pode-se afirmar que o mapeamento realizado pela ressonância magnética funcional é uma técnica de neuroimagem que permite identificar quais áreas do cérebro estão ativas durante a execução de tarefas ou em estados de repouso. Esse mapeamento é baseado na medição indireta da atividade neural, utilizando alterações no fluxo sanguíneo cerebral como marcador.

A seguir, uma breve descrição a respeito do mapeamento por fMRI.

### **Princípio básico**

A fMRI mede as alterações no sinal de BOLD (*Blood Oxygen Level Dependent*), que reflete a proporção de oxigênio no sangue. Quando uma área do cérebro é ativada, há um aumento na demanda por oxigênio. Isso resulta em maior fluxo sanguíneo para a região, alterando o sinal detectado.

### **Procedimento geral**

O participante é colocado dentro do scanner de ressonância magnética. Durante o exame, ele realiza tarefas específicas como leitura, resolução de problemas ou reconhecimento de estímulos sensoriais, podendo, ainda, permanecer em estado de repouso. A fMRI coleta imagens em sequência para capturar mudanças no sinal BOLD ao longo do tempo.

### **Análise dos dados**

Os sinais BOLD são processados para identificar padrões de ativação cerebral associados às tarefas realizadas. As imagens obtidas são sobrepostas em um modelo anatômico do cérebro para gerar mapas de ativação que indicam as áreas cerebrais envolvidas.

Para melhor compreensão de nossa pesquisa, neste recorte investigativo, organizou-se o artigo em 10 seções, assim hierarquizadas: 1. Estudos relevantes sobre o tema; 2. A metáfora equativa como objeto de investigação; 3. Objeto e objetivos; 4. Revisão bibliográfica; 5. Decisões metodológicas - Experimento com grupo de participantes cegos tardios; 6. Os protocolos investigativos, as perguntas de pesquisa e as hipóteses; 7. O processamento e o desvio padrão nas tarefas-piloto; 8. Projeto universal e a nossa investigação; 9. Cálculo do desvio padrão e do intervalo de confiança; 10. Variação nos tempos de processamento.

## **1 Estudos relevantes sobre o tema**

Os neurônios occipitais são definidos como os nervos que percorrem o couro cabeludo, fazendo parte do lobo occipital, que é a parte do cérebro responsável pelo processamento visual. Na cegueira congênita, participam no processamento dos estímulos oriundos de outros órgãos sensoriais como o tato, a audição e o olfato, segundo Sadato *et al.*, 1996. Em um trabalho pioneiro, utilizaram a PET (*Positron Emission*

*Tomography*) para investigar a atividade dos neurônios do córtex occipital de videntes e de cegos congênitos, capazes de ler em braile, atuando como sujeitos em uma tarefa que exigia a discriminação tátil.

As pessoas com cegueira congênita tiveram as áreas corticais da visão primária e secundária ativadas durante a execução das tarefas táteis, mas, por outro lado, as mesmas áreas cerebrais permaneceram inativas nas pessoas videntes. As áreas corticais da visão primária e secundária são regiões do cérebro localizadas no lobo occipital que desempenham papéis fundamentais no processamento de informações visuais. Elas estão organizadas de forma hierárquica, processando desde os aspectos mais básicos até os mais complexos da visão.

Nessa perspectiva, alguns resultados investigativos significativos, por exemplo, por Bedny *et al.*, 2015, indicam que, no início da vida, o córtex humano possui uma capacidade computacional notavelmente ampla, pois o mesmo tecido cortical poderá assumir a percepção visual e as funções de linguagem.

A partir das evidências sobre a plasticidade neuronal, em que o cérebro tem a capacidade de se adaptar, situamos nossa preocupação em investigar o tempo de processamento de identificação das metáforas pelos cegos congênitos, privados de visão desde o seu nascimento e, portanto, sem memória visual.

## **2 A metáfora equativa como objeto de investigação**

A metáfora é definida como um mecanismo criativo que produz novos sentidos mais complexos a partir de sentidos mais concretos. Por essa razão, de acordo com Heine *et al.*, 1991, é conceituada como mecanismo universal de mudança linguística, implicada ou não a decategorização.

Nessa perspectiva, infere-se que foi a partir das pesquisas de Lakoff; Johnson, 2002, que as metáforas deixaram de ser consideradas meros adereços de estilo, coincidindo com a segunda onda de estudos sobre gramaticalização em que o viés cognitivo marca a sua diferença em relação à perspectiva formalista. O trabalho desenvolvido por Santos da Silva, 2016, referenda os estudos de movimentos de gramaticalização, pois revela que a metáfora se constitui como mecanismo típico na evolução da linguagem e na aquisição de língua, ao longo do desenvolvimento humano,

considerando-a, assim, como uma espécie de porta que se abre para a compreensão do mundo pré-verbal.

No universo da linguagem, as metáforas, por exemplo, de entidades e substâncias ou metáforas ontológicas, têm a função de auxiliar na percepção de mundo. Compreender nossas experiências em termos de objetos e de substâncias nos permite selecionar partes de nossas experiências e tratá-las como entidades discretas ou substâncias de uma espécie uniforme. Nesse sentido, Silva; Vizim, 2001, afirmam que o rompimento da polarização objetivo-subjetivo está no que denominaram “experimentalismo”, pois há uma eliminação radical entre a separação estrita e polar e os conceitos do que é ou não objetivo.

Neste momento específico de nossa investigação, foram levantadas algumas questões que objetivaram assumir esse tipo metafórico como objeto, pressupondo-se partir de um nível mais básico de formulação de metáforas que a formação linguística prevê. Sendo assim, a não identificação da metáfora equativa representaria o limite entre um repertório fundamental e uma inabilidade de identificação de linguagem complexa em contextos cotidianos.

### **3 Objeto e objetivos**

A metáfora, como objeto, foi selecionada porque foi delineado um perfil que se associa a um objetivo geral da pesquisa, que está relacionado à leitura de cegos, secundada por contextos audiodescritos. Portanto, esse objetivo geral circunscreve-se à verificação do tempo de resposta pelos cegos congênitos, cuja condição *sine qua non* é ser inabilitado para a leitura gráfica e imagética, durante o processamento da metáfora equativa, tal como fazem os videntes alfabetizados.

O objetivo específico envolve comparar, prioritariamente, o tempo de resposta às metáforas e, assim, saber se há diferença no processamento de identificação de metáfora equativa entre cegos congênitos e videntes. Observa-se que os cegos congênitos foram selecionados a partir dos seguintes critérios: (i) aqueles que aprenderam braile; (ii) aqueles que não aprenderam braile e usam outras formas auditivas de acesso à leitura, como as ferramentas digitais audiodescritas de acessibilidade. Para o critério de aferição, será empregada a medida do processamento e identificação das metáforas audiodescritas no equipamento de ressonância magnética.

Nessa perspectiva, o fator tempo se destaca como fundamental, pois poderá fornecer pistas valiosas a respeito de como se dá a dinâmica cognitiva, representada pela ativação (ou não) de áreas específicas do cérebro. Dada a complexidade da análise comparativa proposta entre o tempo de identificação metafórica pelo cego congênito e pelo vidente, mostrou-se importante incluir nesse experimento os cegos tardios, que perderam a visão ao longo da vida, porém mantiveram sua memória visual. Isso, certamente, possibilitará a construção de um contraponto comparativo mais rico e abrangente.

#### **4 Revisão bibliográfica**

As referências bibliográficas, relacionadas com a compreensão de metáforas pela pessoa cega congênita e o tempo de resposta para sua identificação, tendo como suporte o uso da fMRI, ainda é pouco divulgada, no Brasil. No entanto, alguns estudos disponíveis, relativos à compreensão de metáforas, em seus mais variados graus de complexidade, trazem alguma luz para a relação: cego congênito/processamento/metáfora.

Esse é o caso, por exemplo, da pesquisa desenvolvida por DESAI *et al.*, 2011, *The neural career of sensory-motor metaphors*, que investigou o papel dos sistemas sensório-motores na compreensão. Foi proposto, pelos pesquisadores, que muitos conceitos abstratos são compreendidos metaforicamente por meio de domínios sensório-motores concretos como ações. Utilizando a fMRI, foram comparadas as respostas neurais a ações literais por, por exemplo, “A filha agarrou as flores”, ou ações metafóricas como: “O público pegou a ideia” e sentenças abstratas como: “O público entendeu a ideia”. As sentenças literal e metafórica ativaram o lóbulo parial inferior anterior esquerdo, uma área envolvida no planejamento de ações, com as sentenças metafóricas também ativando uma área homóloga no hemisfério direito, em relação às sentenças abstratas. Ambas as sentenças metafóricas e abstratas ativaram regiões temporais superiores esquerdas associadas à linguagem abstrata.

De acordo com esse estudo, os resultados obtidos indicam que a compreensão da ação metafórica mantém relação com os sistemas sensório-motores envolvidos no desempenho da ação. No entanto, o envolvimento dos sistemas sensório-motores na

compreensão de metáforas muda por meio de um processo de abstração gradual em que simulações relativamente detalhadas são empregadas para compreender metáforas desconhecidas, pois tornam essas simulações menos detalhadas, envolvendo apenas regiões motoras secundárias à medida que a familiaridade aumenta. Nessa ótica, foi proposto que o lóbulo parietal inferior esquerdo funcionaria como interface entre os sistemas sensorio-motor e conceitual, desempenhando um papel importante em ambos os domínios. A semelhança entre as sentenças abstratas e as metafóricas na ativação das regiões temporais superiores esquerdas sugere que a compreensão da metáfora de ação não é completamente baseada em simulações sensorio-motoras, mas também em códigos léxico-semânticos abstratos.

Em resumo, esse estudo apresenta *insights* a respeito de como o cérebro humano representa e processa metáforas sensorio-motoras, destacando a complexidade e a plasticidade das redes neurais envolvidas nessa dinâmica. Essas descobertas apresentam implicações relevantes para o aprofundamento nos estudos da linguagem e do funcionamento cerebral, fornecendo, assim, diretrizes para os estudos a respeito do tempo de processamento de metáforas por cegos congênitos.

#### **4.1. O fator tempo**

Na perspectiva deste estudo, o fator tempo é fundamental, pois a sua análise leva em consideração a investigação responsiva de identificação de metáforas equativas pelo cego congênito, em contexto audiodescrito, empregando-se a fMRI como ferramenta de suporte. Para a mensuração dessas informações, deve-se levar em conta que o tempo de processamento passa a ser aferido desde o momento da audição das frases metafóricas até o instante em que o participante decide apertar, como resposta afirmativa, um botão, localizado no interior da máquina, reconhecendo as metáforas. Portanto, nessa perspectiva, houve a necessidade de uma revisão de nossa base teórica, ampliando-a com a finalidade de atender a essa nova demanda.

A seguir, serão destacados 04 artigos, que foram organizados pela ordem alfabética de seus autores e não, necessariamente, pela sua maior relevância. Nesse sentido, será apresentado um breve resumo de cada um deles e a sua contribuição para esta pesquisa. O conjunto desses estudos poderá contribuir para o desenvolvimento de

aspectos futuros de nosso projeto. Por exemplo: 1. A medição dos tempos de resposta; 2. O *designer* ideal; 3. A estimativa de parâmetros de modelos espaço-temporais; 4. A otimização do *designer* experimental.

O artigo *Event-related fMRI contrast when using constant interstimulus interval: theory and experiment* poderá fornecer subsídio teórico a respeito de como os tempos de resposta são medidos e interpretados em estudos de fMRI e informações para se entender o processamento neural associado à interpretação de estímulos com metáforas (Bandettinni; COX, 2000).

Outro artigo importante, intitulado *Optimal experimental design for event-related fMRI* aborda o *designer* experimental mais adequado para os estudos de fMRI, apresentando uma perspectiva interessante para se garantir que as tarefas de processamento de metáforas sejam estruturadas de maneira a se assegurar efetivamente o registro dos tempos de respostas dos participantes voluntários (Dale, 1999).

Destacando-se, ainda, a relevância dos artigos selecionados para esta pesquisa, o estudo desenvolvido por Krugell, *et. al.*, 2008, *Estimating parameters of spatiotemporal models from fMRI time series* apresenta aspectos teóricos interessantes para se estimar parâmetros de modelos espaço-temporais a partir de dados de fMRI. Isso poderá fornecer informações significativas para a compreensão de como os tempos de resposta estão relacionados à dinâmica neural subjacente.

O quarto e último artigo, dessa série, de título *Optimization of experimental design in fMRI: a general framework using a genetic algorithm* apresenta uma metodologia para otimizar o *designer* experimental em estudos de fMRI, garantindo-se, assim, a compreensão de como os tempos de resposta foram registrados de maneira eficiente e sensível. (Wager; Nichols, 2003).

## **5 Decisões metodológicas - Experimento com grupo de participantes cegos tardios**

As sessões-piloto, em que foram coletadas as primeiras amostras, para análises prévias, fora e dentro da máquina de ressonância, serão descritas mais adiante, revelando-se como estratégia fundamental para os ajustes nos futuros protocolos. Os participantes

foram selecionados previamente a partir de indicações compartilhadas pelas instituições parceiras do projeto.

As frases audiodescritas, que foram utilizadas nas tarefas, estavam organizadas em 5 blocos, compostos de 10 expressões, cada, obedecendo a seguinte classificação: 1. Não metáforas; 2. Metáforas com marcador (Símbolos); 3. Metáforas com adesão ao contexto (Equativas); 4. Metáforas com verbo suporte; 5. Metáforas de alta complexidade (Pré-frontal).

A seguir, é apresentado um quadro ilustrativo com dois exemplos de frases empregadas, para cada bloco, e suas respectivas classificações gerais para melhor contextualização.

**Quadro 1 – Conjunto classificatório de frases metafóricas**

<b>Não metáforas</b>	<b>Metáforas com marcador</b>	<b>Metáforas com adesão ao contexto</b>	<b>Metáforas com verbo suporte</b>	<b>Metáforas de alta complexidade</b>
1. O livro estava em suas mãos.	1. O prego da parede era mole como gelatina.	1. As janelas da memória são pura escuridão.	1. Ele deu uma chega pra lá no azar.	1. A imaginação é combustível da criatividade.
2. As portas desapareceram.	2. A cortina aberta era igual um portal de estrelas.	2. A maçaneta é uma brasa fervente.	2. Chiquinho deu uma olhada na Tevê.	2. A ilusão é uma cortina que encobre a realidade.

Fonte: Projeto Universal – Grupo LinC – 2023 e 2024

### **5.1. Sessão-piloto - dia 27/09/2023**

Para a realização dessa sessão-piloto, foram adotadas as ações, normatizadas pelos protocolos de aplicação em pesquisa com seres humanos e aprovadas pela Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) da Plataforma Brasil, conforme parecer número 5.815.886. A seguir, será descrita a dinâmica da coleta realizada nessa sessão.

Inicialmente, houve uma explicação a respeito da pesquisa, quando foram apresentados os integrantes da equipe presentes e o papel de cada um conforme figura 01, abaixo.

**Fig. 01 – Reunião geral com todos os participantes**

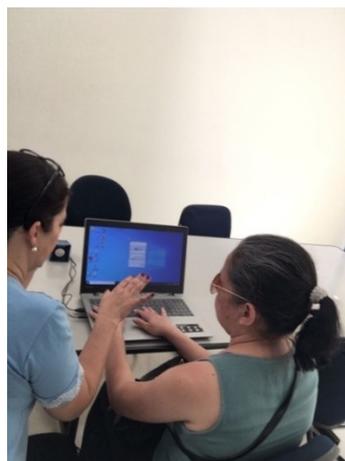


**Fonte:** registro realizado pela Equipe Multidisciplinar

Em seguida, cada participante-voluntário falou sobre si, particularmente, das características de sua deficiência; momento em que puderam tirar suas dúvidas. Também foi solicitado o preenchimento de um formulário *online*, elaborado pela equipe de trabalho, que detalhava informações para o banco de dados do projeto. Antes de serem encaminhados para o início dos testes, foi realizada uma breve explicação a respeito de como seriam as tarefas, abordando-se, inclusive, o conceito básico de metáfora com exemplificações relacionadas ao cotidiano.

Após as explicações e esclarecimentos de dúvidas foram convidados para se dirigirem, individualmente, a uma sala contígua onde seriam aplicados os testes.

**Fig. 02 – Aplicação do teste com o uso do computador**

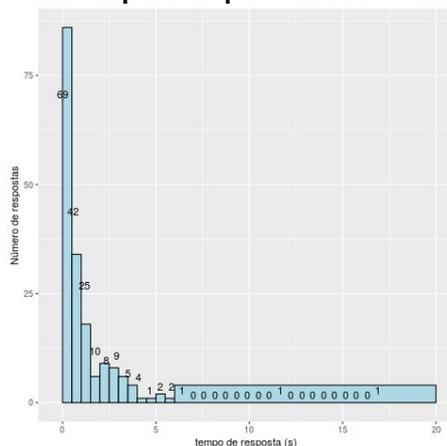


**Fonte:** Registro realizado pela Equipe Multidisciplinar

## **5.2. Os primeiros dados coletados**

Após a mensuração dos dados, dessa primeira sessão-piloto, as análises prévias, obtidas pela Equipe Multidisciplinar, apresentaram resultados variados, relativos ao tempo de resposta dos participantes, que foram sintetizados no gráfico a seguir.

**Figura 03 – Gráfico com tempo de resposta entre os voluntários participantes**

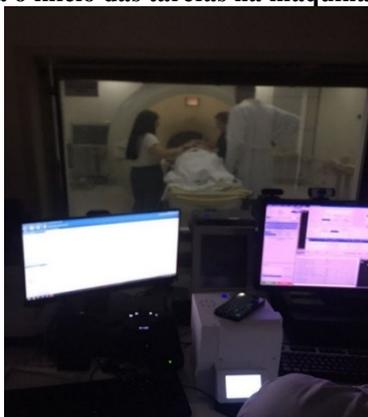


Fonte: Equipe Multidisciplinar - Hernán Joel Cervantes Rodriguez

## 5.2 Sessão-piloto - dia 04/04/2024

Nesse encontro, realizado no Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas (INRAD), em São Paulo, contamos com participação do participante-voluntário P., acometido de cegueira tardia, que foi acompanhado e orientado pela equipe multidisciplinar.

**Fig. 04 – Preparação para o início das tarefas na máquina de ressonância magnética**



Fonte: Imagem realizada pela Equipe Multidisciplinar

Foi explicado a ele os conceitos de metáfora em contexto de audiodescrição e como ocorreriam os procedimentos dentro da máquina. Após todos os ajustes técnicos, P.

foi encaminhado para se posicionar na máquina de ressonância e aguardar o início da execução das tarefas. Todo o processo apresentou as seguintes etapas:

- Audição de uma sequência de frases audiodescritas.
- A cada final de frase, o Participante deveria apertar o botão, quando identificasse se tratar de metáfora.
- O registro do mapeamento cerebral.
- O registro do tempo de resposta do participante, que foi computado em um programa desenvolvido pela Equipe Técnica.

## **6 Os protocolos investigativos, as perguntas de pesquisa e as hipóteses**

De acordo com os protocolos investigativos, desenvolvidos até o momento, o tempo médio de resposta para a resolução de tarefas, nos experimentos-piloto, foi de 06 segundos. Dessa forma, as reflexões apresentadas, a seguir, terão essa referência temporal como padrão.

### ***6.1 Perguntas de pesquisa pertinentes ao projeto***

1. Os diferentes tipos de metáforas equativas e os seus variados graus de complexidade poderão se refletir no tempo de processamento?
2. Esse processamento de metáforas poderá ativar áreas distintas do cérebro, levando-se em consideração que a plasticidade cerebral possibilita o recrutamento de neurônios para executar diferentes tarefas?

### ***6.2 Hipóteses***

1. A relação dos diferentes tipos de metáforas e suas características, mais ou menos complexas, representadas na primeira pergunta, requer um processamento cognitivo mais extenso, que poderá resultar em tempos de resposta mais longos. A investigação dessa relação provavelmente abrirá caminhos para se questionar sobre a estrutura, o conteúdo de metáforas e sua relação com a possibilidade de influenciarem em sua compreensão e interpretação.

2. A segunda pergunta de pesquisa nos leva a examinar a relação entre o processamento de diferentes tipos de metáfora e a atividade cerebral associada, pois haveria a probabilidade de que as metáforas mais complexas poderiam ativar áreas cerebrais adicionais envolvidas no processamento de linguagem figurativa e na formação de imagens mentais, influenciando no tempo de resposta. Portanto, o mapeamento dessas áreas contribuiria para a identificação de redes neurais específicas envolvidas na compreensão de metáforas e na integração de diferentes tipos de informação.

## **7 O processamento e o desvio padrão nas tarefas-piloto**

Durante os preparativos para coleta de dados com os participantes-voluntários, foram organizados algumas sessões denominadas “pilotos”, exemplificadas, anteriormente, nos encontros dos dias 27/09/2023 e 04/04/2024 cuja a preocupação foi avaliar e realinhar, quando necessário, a metodologia para a coleta de dados com os cegos congênitos, levando-se em consideração o aperfeiçoamento das tarefas propostas e os ajustes necessários para uma análise técnico-científico com a qualidade e o rigor que as pesquisas dessa natureza exigem.

O registro dos resultados preliminares a respeito do tempo de processamento, e sua posterior análise, sintetizados no gráfico da figura 3, foram realizados pela equipe técnica multidisciplinar e apontaram algumas diretrizes importantes. Por exemplo, utilizar um número menor de frases, para cada bloco, ou ainda, a realização de um breve treinamento antes da execução das tarefas, ainda fora da máquina. Isso, certamente, nos dará melhor base para o aprimoramento da aplicação de futuras atividades com os participantes cegos congênitos no reconhecimento de metáforas.

## **8 Projeto universal e a nossa investigação**

Levando-se em consideração que o nosso projeto de pesquisa de pós-doutorado está vinculado ao projeto universal<sup>1</sup>, desenvolvido pelo grupo Linguagem e Cognição (LinC), torna-se necessário esclarecer que a aferição do processamento (tempo de

---

<sup>1</sup> Chamada CNPq/MCTI/FNDCT No 18/2021 - Faixa B - Grupos Consolidados Processo 423337/2021-1

resposta), de nossa pesquisa, trabalha com os dados coletados pela equipe multidisciplinar durante a execução de tarefas.

Dessa maneira, o atual momento de nosso trabalho está vinculado a outros, do projeto universal, também fundamentais, que darão o suporte técnico-metodológico necessário para a construção do *designer* adequado, a estimativa de parâmetros de modelos espaço-temporais e a otimização desse *designer* experimental. De acordo com as leituras e interpretações de dados, até o momento, o tempo médio de cada participante ficou em 06 segundos. Dessa forma, essa média padrão será empregada para as análises, durante o andamento da pesquisa.

Levando-se em consideração esse valor, denota-se que ocorrerão algumas variações para mais ou para menos (conforme demonstrado no gráfico da figura 03), pois isso está relacionado à experiência individual de cada participante-voluntário e o seu repertório. Nesse sentido, infere-se que cada indivíduo apresentaria um tempo diferente de processamento, resultante da familiaridade com o estímulo, a eficiência do sistema neural subjacente ou ainda com as diferenças singulares, inerentes à capacidade cognitiva. Para que isso seja possível de ser identificado e analisado, é preciso considerar dois parâmetros: 1. O desvio padrão e 2. O intervalo de confiança, partindo do paradigma do tempo total de 06 segundos para, posteriormente, serem mensurados em ferramentas específicas.

## **9 Cálculo do desvio padrão e do intervalo de confiança**

O desvio padrão é uma medida que indica a dispersão dos valores em relação à média, enquanto os intervalos de confiança fornecem uma estimativa da faixa em que a verdadeira média dos tempos de identificação (processamento) pode apresentar uma determinada confiança estatística. O seu cálculo é realizado a partir da equação, representada na figura 04, abaixo.

**Fig. 05 Equação do desvio padrão com a identificação de cada elemento**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Onde:

- $\sigma$  é o desvio padrão,
- $x_i$  é cada valor individual de tempo de identificação,
- $\bar{x}$  é a média dos tempos de identificação, e
- $N$  é o número total de observações.

Fonte: Bussab; Morettin, 2017.

Para se calcular os intervalos de confiança, indica-se a equação, na figura 06, que apresentaria um resultado aproximado de 95%.

Fig. 06 Equação para o cálculo de confiança

$$\text{Intervalo de Confiança} = \bar{x} \pm 1.96 \times \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Isso fornecerá o intervalo de confiança de 95% para a média dos tempos de identificação.

Fonte: Freedman *et al.*, 2007.

Portanto os cálculos do desvio padrão, assim como dos intervalos de confiança, poderão, em tese, contribuir para avançarmos na busca de respostas para as perguntas de pesquisa como será demonstrado a seguir.

## 10 A variação nos tempos de processamento

O desvio padrão fornece uma medida da variação nos tempos de processamento entre os participantes-voluntários. Ao se calcular esse desvio, para cada grupo (por exemplo, cegos congênitos que aprenderam braile *versus* videntes, poder-se-á determinar se existirá alguma variação significativa nos tempos de processamento dentro de cada grupo. Isso contribuiria para se entender melhor a consistência ou variabilidade nos tempos de processamento para cada grupo.

Portanto, a análise do desvio padrão é importante para se entender a variação nos tempos, relacionados ao processamento de respostas entre os grupos. Uma das possibilidades plausíveis, já apresentada em uma das hipóteses, é criar condições para investigar se haveria um processamento cognitivo mais extenso, relacionado com os

diferentes tipos de metáforas e suas características, mais ou menos complexas, que resultaria em tempos de resposta mais longo,

### ***10.1 Precisão das estimativas de média***

Os intervalos de confiança fornecem uma estimativa da faixa em que a média dos tempos de processamento acontece, garantindo a confiabilidade estatística. Isso é importante para se avaliar a precisão das estimativas das médias dos tempos de identificação das metáforas de cada grupo.

Dessa forma, depreende-se que o intervalo de confiança poderia ser empregado para determinar com que grau de certeza o pesquisador poderá inferir a respeito das diferenças nas médias de desempenho entre os grupos e seus participantes. Para exemplificar e contextualizar, pode-se calcular os intervalos de confiança para as médias dos tempos de resposta de cada grupo e observar se há sobreposição nos intervalos de confiança. Isso indicaria, em tese, que não há diferenças significativas no desempenho cognitivo entre grupos.

Nessa perspectiva, então, tanto o desvio padrão, quanto os intervalos de confiança, poderiam contribuir para se visualizar a quantificação da variabilidade associada aos tempos de processamento durante a execução das tarefas.

A visualização dessas medidas, nas imagens de ressonância magnética funcional (fMRI), não são identificadas, pois o mapeamento mostra, principalmente, as atividades cerebrais em termos de alterações nos níveis de oxigenação do sangue em diferentes áreas, durante a realização de tarefas específicas. No entanto, os dados estatísticos como médias, desvios padrão e intervalos de confiança poderão ser empregados para gerar mapas estatísticos que serão sobrepostos às imagens de ressonância magnética funcional.

Esses mapas contribuiriam para se identificar as áreas do cérebro que mostram diferenças importantes na atividade entre as várias condições experimentais dos grupos e de cada participante-voluntário. Essas informações desempenham papel fundamental na análise estatística dos dados e na interpretação dos resultados, podendo-se construir uma relação associativa indireta entre dados e imagem, enriquecendo a leitura e das informações coletadas.

Nessa perspectiva, portanto, relacionar os resultados dos tempos de resposta, durante o processamento de metáforas, empregando-se o intervalo padrão e os intervalos de confiança, juntamente com as imagens obtidas pela ressonância magnética funcional (fMRI), indicaria “pistas” fundamentais para uma compreensão mais abrangente do processamento neural envolvido no processamento cognitivo de metáforas pelos cegos congênitos e videntes.

Dessa forma, ao se comparar os tempos de resposta entre os grupos e correlacioná-los com a atividade cerebral registrada nas imagens de fMRI, abre-se caminho para identificar possíveis padrões de ativação cerebral associados ao processamento dessas metáforas em grupos variados.

A seguir, serão apresentadas possibilidades de análise, possíveis de serem empregadas futuramente, para se relacionar os resultados do tempo de processamento com as imagens obtidas por meio da ressonância magnética funcional.

### ***10.2. Análise de correlação***

Essa estratégia possibilita investigar se o tempo de resposta (mais rápido ou mais lento) estaria associado a padrões específicos de ativação cerebral em áreas responsáveis pelo processamento semântico e, conseqüentemente, linguístico. Por exemplo: Essa perspectiva abre espaço para se estudar o processo cognitivo dos participantes, considerando que aqueles que processam as metáforas mais rapidamente, talvez, possam apresentar uma maior ativação em áreas do córtex associadas ao processamento semântico/linguístico.

### ***10.3 Comparação entre grupos***

Ao se comparar o tempo de processamento entre os grupos, será possível explorar hipoteticamente se diferentes estratégias de leitura estão relacionadas a padrões distintos de ativação cerebral. Por exemplo, pode-se investigar se os cegos congênitos mostram uma ativação semelhante (ou não) em áreas do córtex associadas à leitura de videntes.

### ***10.4 O mapeamento temporal da ativação cerebral***

Com esse mapeamento, abre-se a possibilidade de se examinar a sequência temporal da ativação cerebral em resposta à apresentação das metáforas audiodescritas durante o processamento. Isso poderia contribuir para se pontuar momentos específicos durante a tarefa em que ocorre uma maior ou menor atividade neural nos diferentes grupos, fornecendo possibilidades a respeito dos estágios do processamento de linguagem e da compreensão metafórica.

### ***10.5 Integração de dados comportamentais e neurais***

A integração de dados comportamentais (tempo de processamento) com os dados neurais (atividade cerebral registrada por fMRI), por meio da criação de mapas sobrepostos, possibilitaria projetar a obtenção de uma compreensão mais completa das relações entre processos cognitivos e padrões de ativação cerebral. Isso contribuiria para a busca de respostas a respeito de como o cérebro responde ao processamento de metáforas em contextos variados e em diferentes grupos.

### ***10.6 Análise individual dos participantes***

Outro fator interessante que nos chama a atenção é a possibilidade de se realizar uma análise individual dos participantes, pois contribuiria significativamente para se identificar as variações dentro de cada grupo. Essa análise de dados de forma individual indicaria *insights* valiosos (e adicionais) a respeito da variabilidade do tempo de processamento e como cada participante responderia às tarefas propostas.

Esse olhar abre espaço para a percepção de possíveis padrões ou tendências dentro de cada grupo bem como prováveis *outliers*<sup>2</sup> que se comportam de maneira diferente da maioria. Isso, certamente, nos levaria a compreender melhor as nuances do tempo de processamento de metáforas equativas audiodescritas e como os fatores individuais influenciariam esse processo.

---

<sup>2</sup> *Outliers* é um termo empregado para se descrever observações, em um conjunto de dados, que se diferenciam significativamente do restante das demais informações coletadas. Em outras palavras, são pontos que estão distantes da maioria das outras observações no conjunto de dados.

## Considerações finais

Nesta fase da pesquisa, houve a premência de revisarmos o nosso projeto, adequando-o às necessidades atuais. Dentre essas atualizações, podem-se destacar, de forma resumida, as seguintes: a. revisão das perguntas de pesquisa; b. atualização das hipóteses; c. ampliação da bibliografia, acrescentando-se artigos relacionados com o tempo de processamento e o uso da fMRI. Isso nos possibilitou, por exemplo, agregar à metodologia, a utilização de duas equações importantes, que irão contribuir para o cálculo do “desvio padrão” e dos “os intervalos de confiança”.

Essa perspectiva é fundamental para decidirmos quais serão os próximos passos, pois abrem caminho para um olhar analítico em que grupos e participantes serão analisados sob diferentes ângulos.

Acreditamos que o aprofundamento de nossa análise tende a apresentar resultados, importantes, contribuindo para a compreensão da dinâmica que envolve o processamento do tempo de resposta, pela pessoa cega congênita, na compreensão de metáforas audiodescritas em tarefas realizadas em equipamento de ressonância magnética funcional.

## REFERÊNCIAS

BANDETTINI, P. A.; COX, R. W. Event-related fMRI contrast when using constant interstimulus interval: theory and experiment. **Magnetic Resonance in Medicine**, v. 43, n. 4, p. 540-548, 2000.

BEDNY, M. et al. Visual cortex responds to spoken language in blind children. **The Journal of Neuroscience**, v. 35, n. 34, p. 11674-11681, 2015.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

DALE, A. M. Optimal experimental design for event-related fMRI. **Human Brain Mapping**, v. 8, n. 2-3, p. 109-114, 1999.

DESAI, R. H. et al. The neural career of sensory-motor metaphors. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 23, n. 9, p. 2376-2386, 2011.

FREEDMAN, D.; PISANI, R.; PURVES, R. **Estatísticas**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

GONÇALVES, Sebastião Carlos Leite; LIMA-HERNANDES, Maria Célia; CASSEB-

GALVÃO, Cristina Vânia (org.). **Introdução à gramaticalização**: princípios teóricos e aplicação. São Paulo: Parábola Editorial, 2007. p. 207.

HEINE, B.; CLAUDI, U.; HÜNNEMEYER, F. **Grammaticalization**: a conceptual framework. Chicago: The University of Chicago, 1991.

KRUGELL, F. et al. Estimating parameters of spatiotemporal models from fMRI time series. **NeuroImage**, v. 42, n. 2, p. 458-474, 2008.

LAKOFF, G.; JOHNSON, M. **Metáforas da vida cotidiana**. Rio de Janeiro: Record, 2002.

SANTOS DA SILVA, Fabiana Francisca. **Acessibilidade e percepção visual na USP**. Programa Aprender com Cultura e Extensão. São Paulo: PRCEX/USP, 2015-2016.

SADATO, N. et al. Activation of the primary visual cortex by braille reading in blind. **Nature**, v. 380, p. 526-528, 1996.