

PROCESSAMENTO NEURONAL DE AÇÕES MOTORAS E DESENVOLVIMENTO DA LINGUAGEM EM BEBÊS

Juliana Borges Alves da Mota (IC) e Ana Alexandra Caldas Osório (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

Alguns pesquisadores hipotetizam que o sistema de neurônios espelho que possibilita a compreensão de ações motoras observadas está relacionado à aquisição da linguagem em seres humanos. O objetivo do presente estudo foi testar se há uma relação entre a sobreposição da ativação neural, na região sensório-motora, durante a execução e a observação das ações motoras – medida por meio de fNIRS – e o desenvolvimento da linguagem em bebês de 6 meses – avaliado através de relato materno e observação das produções vocais emitidas pelo bebê durante interação com a mãe. Participaram do estudo 12 bebês com idade aproximada de 6 meses, dos quais foi possível coletar dados NIRS de 7 bebês. Os resultados mostraram ativação significativa na região sensório-motora durante a execução de ações motoras (ex. pegar e explorar o brinquedo). No entanto, não foi possível observar qualquer ativação neural significativa durante a observação de ações motoras realizadas por outra pessoa (mão pega em uma bola). Por sua vez, o desenvolvimento da linguagem dos bebês, analisado por meio do relato materno, apontou um desenvolvimento comunicativo dentro dos parâmetros esperados para a idade. Quanto às produções vocais emitidas em interação com a mãe, verificou-se uma grande variabilidade individual na sua frequência e entre os diferentes contextos de interação avaliados. Observou-se que os bebês vocalizavam mais quando interagiam com as mães sem a presença de brinquedos.

Palavras-chave: Linguagem. Neurônios Espelho. fNIRS.

ABSTRACT

Some researchers hypothesize that the mirror neuron system that makes it possible to understand observed motor actions is related to language acquisition in humans. The aim of the present study was to test whether there is a relationship between the overlapping of neural activation, in the sensorimotor region, during the execution and the observation of motor actions - measured by means of fNIRS - and the development of language in 6-month-old babies - assessed through maternal reporting and observation of the vocal productions emitted by the baby during interaction with the mother. Twelve babies aged approximately 6 months participated in the study, from which it was possible to collect NIRS data from 7 babies. The results showed significant activation in the sensorimotor region during the execution of motor actions (ex. pick up and explore the toy). However, it was not possible to observe any

significant neural activation during the observation of motor actions performed by another person (hand caught in a ball). In turn, the language development of babies, analyzed through maternal reporting, pointed to a communicative development within the parameters expected for their age. As for vocal productions emitted in interaction with the mother, there was a great individual variability in their frequency and between the different contexts of interaction evaluated. It was observed that babies vocalized more when interacting with mothers without toys.

Keywords: Language. Mirror Neurons. fNIRS.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da linguagem é um importante fator para um bom desenvolvimento infantil, em termos sociais, relacionais e de educação formal (SCOPEL; SOUZA; LEMOS, 2012). No entanto, até o momento, poucos estudos exploraram os possíveis substratos neurais, em um período precoce, que possam estar relacionados com o desenvolvimento subsequente da linguagem. No Brasil, estes estudos são ainda mais escassos.

Alguns trabalhos (por exemplo, SALO et al., 2018a) argumentam sobre o papel do sistema de neurônios espelho como um substrato neural que possibilita a compreensão de ações motoras observadas e o desenvolvimento da linguagem em humanos. O presente estudo visa contribuir para a compreensão do desenvolvimento precoce da linguagem em bebês aos seis meses de vida, buscando correlações com os padrões de ativação neural durante a observação e a execução de ações motoras, com recurso a uma técnica de neuroimagem funcional - a Espectroscopia Funcional de Infravermelho Próximo (fNIRS). Além disso, o presente estudo tem também o objetivo específico de caracterizar as produções vocais, avaliadas durante uma interação mãe-bebê, e as habilidades de comunicação, de acordo com o relato materno, em bebês dessa idade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Quer seja em forma de palavras faladas, escritas ou sinalizadas, a linguagem é o que possibilita a nossa comunicação através de significados. Assim, podemos acumular conhecimentos que vão muito além do nosso campo de visão ou de nossas próprias vivências (MYERS, 2015). Segundo linguistas cognitivistas, a linguagem não é independente de outras faculdades mentais, havendo uma visão sistêmica da linguagem, do pensamento e da experiência (MARTELOTTA, 2008). Pesquisas dentro da área da neurociência cognitiva têm mostrado que o aprendizado dos significados é o resultado de nossas interações com o mundo, indo ao encontro da visão da cognição como algo desenvolvido a partir das experiências corporais (do corpo em relação com o mundo físico) e sociais (GLENBERG; GALLESE, 2011).

Embodied cognition é um conceito usado para definir um sistema de memória de informações sobre as competências físicas de uma pessoa e como ela é capaz de interagir com o mundo físico (GRAFTON, 2009). Esse conhecimento sobre o corpo pode ser a base do chamado sistema de neurônios espelho, formado por neurônios em diferentes áreas cerebrais (principalmente áreas do córtex motor) que são ativadas não só durante a execução, mas também durante a observação e a imaginação de ações motoras, criando, assim, “representações” de ações (RIZZOLATTI; ARBIB, 1998). Dados acerca do nosso sistema de

neurônios espelho sugerem que a nossa capacidade de “espelhar” o comportamento dos outros nos faz reconhecê-los como semelhantes a nós e diretamente compreender seu comportamento e intenções (GALLESE, 2008).

Esse sistema está localizado na rede de observação de ações (AON - *action observation network*), que possui uma forte sobreposição com áreas associadas também à execução de movimentos. Além de armazenar informações físicas, a AON dá suporte a outras competências, como a transformação da percepção em ações e a simulação neural ao observar ações (GRAFTON, 2009). Em outras palavras, esse sistema tem uma função importante na compreensão de ações observadas e no aprendizado de novos movimentos.

Em um estudo de Fadiga et al. (1995), que examinou o funcionamento do sistema de neurônios espelho em humanos em um experimento com estimulação magnética transcraniana, observou-se um aumento na excitabilidade do córtex motor quando os participantes observaram uma ação sendo realizada por outra pessoa. Além disso, o padrão de ativação muscular evocado pela estimulação magnética transcraniana durante a observação da ação era semelhante ao padrão presente durante a execução dessa mesma ação.

Dois outros experimentos (GRAFTON et al., 1996; RIZZOLATTI et al., 1996), com recurso a tomografia por emissão de pósitrons, foram mais informativos sobre o circuito neural que está na base do sistema de neurônios espelho. Os resultados mostraram ativação do sulco temporal superior, do lobo parietal inferior e do giro frontal inferior – todas as ativações no hemisfério esquerdo – em resposta à observação do examinador pegando um objeto.

Pesquisas mais recentes mostraram que, na área de Broca, comumente pensada como uma área exclusiva de produção da linguagem, há neurônios que são ativados durante a execução, observação e imitação de gestos orofaciais e movimentos com as mãos (RIZZOLATTI; ARBIB, 1998). Além disso, Watkins e Paus (2004) observaram um aumento da excitabilidade do sistema motor durante a percepção auditiva de linguagem falada, a qual estava relacionada ao aumento do fluxo sanguíneo na área de Broca – indicador de atividade nessa área cerebral. Segundo a *neural exploitation hypothesis* de Gallese (2008), alguns aspectos da cognição social (pensamento e linguagem) são sustentados pela adaptação de mecanismos neurais originalmente usados em funções de integração de informação sensorio motora. Nesse mesmo sentido, Rizzolatti & Arbib (1998) propuseram que o sistema de neurônios espelhos é não só um pré-requisito neural para reconhecer e compreender ações feitas por outros, como também para o desenvolvimento de comunicação interpessoal e da linguagem em seres humanos.

Experimentos em animais têm mostrado que macacos são capazes de aprender a controlar parcialmente alguns tipos de vocalizações, observando-se uma ativação específica para essas vocalizações treinadas no córtex premotor ventral e no córtex pré-frontal ventrolateral, ainda que não tenha sido encontrada evidência de ativação do sistema de neurônios espelho (COUDÉ et al., 2011; HAGE; NIEDER, 2013). Salo et al. (2018a) hipotetizam que as diferenças ao nível das habilidades comunicativas entre os humanos e macacos está na conectividade entre diferentes sistemas neurais, ou seja, uma conexão entre diferentes áreas do sistema de neurônios espelho e os processos relacionados às produções vocais.

O desenvolvimento da linguagem encontra-se dividido em fases que consideram a relação entre a comunicação e ações que não contêm necessariamente uma intenção comunicativa, como pode ser observado na revisão feita por Bates e Dick (2002). Por exemplo, o balbucio, que surge tipicamente entre os seis e oito meses, começa a acontecer na mesma idade em que os bebês começam a bater palmas de forma rítmica (EJIRI; MASATAKA, 2001). A compreensão de palavras (linguagem compreensiva) surge entre os oito e dez meses de idade e está correlacionada a fatores fora da comunicação, como sinais de uso de instrumentos (BATES et al., 1979), categorização por meio de características diferentes (YOUNGER; COHEN, 1986) e imitação de novos atos que ainda não faziam parte do repertório do bebê (GOPNIK; MELTZOFF, 1994). Por volta dos 12 meses, um pouco antes de começar a nomear, as crianças começam a reproduzir ações simples associadas a objetos específicos, como colocar um telefone na orelha, um copo na boca, ou uma escova no cabelo (BATES; DICK, 2002). Nessa fase, os bebês aparentam saber distinguir esses gestos de uma ação verdadeira (ex: beber de verdade) e reconhecer o objeto em uma imagem (SHORE et al., 1990). Além disso, muitos deles reproduzem os gestos mesmo sem o objeto em mãos (VOLTERRA; ERTING, 1994).

É interessante notar o aparecimento de ações simbólicas e de gestos um pouco antes da nomeação de palavras. Mais especificamente, o uso de gestos aos 12 meses é um preditor significativo das habilidades de linguagem avaliadas no final do segundo ano de vida (por exemplo, SALO et al., 2018b). Em sua revisão da literatura, Salo et al. (2018a) destacam o papel dos gestos em intermediar a relação entre a compreensão de ações e o desenvolvimento posterior da linguagem, de forma que as crianças serão capazes de estender a sua compreensão das ações aos gestos comunicativos, o que, por sua vez, irá facilitar a sua compreensão da linguagem falada. Tais estudos parecem ir ao encontro da proposta de Rizzolatti e Arbib (1998) de que o substrato neural do mecanismo de compreensão de ações realizadas pelos outros (ativação do sistema de neurônios espelho) tem uma relação com o desenvolvimento da linguagem.

No entanto, as evidências do funcionamento do sistema de neurônios espelho em bebês, bem como da sua relação com o desenvolvimento da comunicação, durante o primeiro ano de vida são ainda muito escassas.

Southgate *et al.* (2009), em um estudo com eletroencefalograma (EEG) em bebês de 9 meses, verificaram que a observação de uma mão pegando um objeto gerava um padrão de ativação motora no cérebro dos bebês semelhante a quando os bebês pegavam eles mesmos o brinquedo. No entanto, o tipo de método utilizado (EEG) apenas permitiu ter informação quanto ao momento da ativação do sistema de neurônios espelho, mas não quanto à sua localização em termos de áreas cerebrais ativadas. Em um outro estudo também feito com EEG, em bebês com idades entre 4 e 11 meses (média de idade de aproximadamente 7 meses), os autores encontraram igualmente atividade na região sensório motora durante a observação de uma mão pegando em um objeto (VIRJI-BABUL *et al.*, 2012).

Porém, existem atualmente outras técnicas de neuroimagem que permitem avaliar a localização espacial de padrões de ativação no sistema de neurônios espelho. É o caso da Espectroscopia Funcional de Infravermelho Próximo (fNIRS, do inglês *functional Near-Infrared Spectroscopy*), uma técnica de avaliação da atividade do córtex cerebral que tem sido cada vez mais usada por pesquisadores na área do desenvolvimento infantil, uma vez que, em comparação com o EEG, possibilita uma melhor localização espacial, é menos sensível a artefatos de movimento e não é afetada, por exemplo, por piscadas de olhos (GERVAIN *et al.*, 2011). A fNIRS ainda tem vantagens sobre outras técnicas como a ressonância magnética funcional (fMRI) e a magnetoencefalografia (MEG), que exigem que o participante permaneça muito quieto. Além disso, a fNIRS tem boa resolução temporal, é silenciosa, proporciona uma medida completa da resposta hemodinâmica (LLOYD-FOX *et al.*, 2010) e possibilita a realização deste tipo de avaliação com a criança acordada, tornando possível a abordagem de tópicos como o processamento de informação social.

Shimada e Hiraki (2006) examinaram a questão do sistema de neurônios espelho em bebês de 6 meses, usando a técnica de fNIRS, e seu estudo mostrou que já nessa idade, à semelhança dos resultados da pesquisa em adultos, os bebês registraram ativação na região sensório motora durante a observação de ações motoras realizadas por outra pessoa e que essas ativações eram mais fortes para a observação ao vivo de ações do que visualizadas essas ações em vídeos. No entanto, que tenhamos conhecimento, até o momento, nenhum outro estudo procurou replicar esses achados. Assim, para testar a proposta de Salo *et al.* (2018b), da relação entre o funcionamento do sistema de neurônios espelho e a produção vocal, o presente estudo visa verificar se, aos 6 meses de idade, é possível encontrar já uma associação entre o processamento neural da observação de ações motoras - medido por meio da fNIRS - e o desenvolvimento da linguagem, avaliado pelas produções vocais do bebê

durante a interação com a mãe e relato materno das habilidades de comunicação presentes nessa fase.

3. METODOLOGIA

3.1. Participantes

Este estudo faz parte de um projeto maior que avalia o desenvolvimento sócio-emocional dos bebês durante o primeiro ano de vida e que tem como critérios de inclusão: acompanhamento pré-natal durante a gravidez, bebês nascidos a termo (≥ 37 e < 42 semanas de gestação) e sem queixas de desenvolvimento, e mães com 18 anos ou mais à data do nascimento do bebê. São excluídos casos com histórico de complicações médicas durante a gravidez (por exemplo, anemia grave, diabetes, hipertensão arterial, convulsões, toxoplasmose, hipertensão arterial ou rubéola na mãe), muito baixo peso no nascimento (≤ 1500 g), problemas no parto (anóxia, hipóxia, circular de cordão, APGAR ao 5º minuto < 7), presença de doença genética associada a sintomas de Transtorno do Espectro Autista (já diagnosticada) ou a atraso de desenvolvimento, deficiência visual e/ou auditiva.

Até o momento, participaram do estudo 12 bebês, em que 7 são meninos (58,33%), com uma média de idade de 6,39 meses ($DP = 0,35$). A idade gestacional ao nascimento variou entre 37 e 41 semanas ($M = 39$ e $DP = 1,21$) e o peso ao nascimento variou entre 2400 e 3840 gramas ($M = 3154$ e $DP = 447$). Oito bebês (66,66%) nasceram de parto normal e 4 nasceram de cesárea.

No momento da avaliação, as mães tinham entre 22 e 43 anos ($M = 30,92$ e $DP = 6,2$). Quatro mães tinham até ensino médio completo ou superior incompleto; 3 mães tinham ensino superior completo; e as restantes 5 mães tinham estudos ao nível da pós-graduação (mestrado, doutorado). Em relação à situação profissional, 4 mães estavam desempregadas, 7 mães estavam empregadas e 1 mãe era estudante. Das 12 mães, nove eram casadas e três eram solteiras. Sete das mães tinham apenas um/a filho/a (o bebê participante do estudo) e as restantes cinco mães tinham outros filhos mais velhos.

No entanto, quanto aos dados NIRS, apenas 7 bebês foram incluídos nas análises. Dois bebês foram excluídos porque não foi possível aplicar a tarefa do paradigma das ações motoras (descrito mais adiante) e três outros bebês foram excluídos porque não tiveram ensaios válidos nessa tarefa. Dos 7 bebês com dados NIRS válidos, 4 são meninos (57,14%) e 3 são meninas (42,86%). A média de idade dos sete bebês foi de 6,31 meses ($DP = 0,37$). A idade gestacional ao nascimento variou de 38 a 41 semanas ($M = 39,43$ e $DP = 0,98$), enquanto o peso do bebê ao nascimento variou entre 2620 e 3560 gramas ($M = 3069$ e $DP =$

337). O tipo de parto foi normal para 4 bebês (57,14%) e cesárea para 3. Nesse grupo, a idade da mãe variou entre 25 e 43 anos ($M = 31,71$ e $DP = 6,02$). Duas mães tinham até ensino médio completo ou superior incompleto, três tinham ensino superior completo e as outras duas tinham estudos ao nível da pós-graduação. Duas mães estavam desempregadas, quatro estavam empregadas e uma era estudante. Seis das mães eram casadas e aquele era o primeiro bebê para 4 das mães.

3.2. Instrumentos

3.2.1. Questionários de anamnese e sócio-demográfico

O questionário de anamnese e sócio-demográfico foi aplicado com o objetivo de coletar informações relativas à gravidez e ao parto, ao estado de saúde do bebê (sexo, peso, idade gestacional) e à mãe (idade, nível socioeconômico, nível educativo e profissões da mãe).

3.2.2. Avaliação neuroimagiológica do processamento da percepção de ações motoras

O processamento neural da percepção de ações motoras foi avaliado por meio de Espectroscopia Funcional de Infravermelho Próximo (fNIRS), que consiste em uma técnica não-invasiva de neuroimagem capaz de monitorar o volume e níveis de oxigenação do sangue no cérebro. A variação no fluxo da hemoglobina oxigenada (HbO) e desoxigenada (HbR) fornece um índice da ativação cerebral avaliada. Para tal, foi utilizado o equipamento Brainsight NIRS, composto por 8 fontes e 16 detectores de luz, e utilizando dois comprimentos de onda contínuos de 705 e 830 nm. Para a coleta de dados, foram utilizados 14 canais em cada hemisfério cerebral (28 no total), que resultam do pareamento entre uma fonte e um detector de luz, possibilitando cobrir as áreas temporais e a região sensório motora (bilateralmente). Os optodos foram posicionados a uma distância média de 28.4 mm ($DP = 1.11$) entre si. Para efeitos do presente estudo, apenas os canais colocados sobre a região sensório-motora foram analisados.

3.2.3. Paradigma experimental de processamento da percepção das ações motoras

Este paradigma foi dividido em duas fases – uma Fase de Observação e uma Fase de Execução, por forma a avaliar quais as áreas cerebrais ativadas quando o bebê observa uma ação motora sendo realizada por outra pessoa e quando o próprio bebê executa essa mesma ação.

Fase de Observação - Uma pesquisadora se posicionou escondida atrás de um teatrinho com uma cortina, onde ocorriam todas as ações realizadas nesta tarefa. O bebê observou uma mão avançando pela lateral de uma caixa, pegando em uma bola e retirando-

a lentamente do cenário. Essa ação motora (pegar uma bola) teve uma duração de 4 segundos, constituindo assim a Condição Experimental, a que se seguiu um período de 10-14 segundos (intervalos randomizados) de Condição Controle, em que o bebê observava uma bola pendurada em movimento oscilatório de pêndulo. O procedimento foi aplicado num total de 30 ensaios, divididos em 3 blocos de 10 ensaios, entre os quais era feita uma pausa rápida para avaliar o estado do bebê antes de dar continuidade à tarefa. Em cada bloco, na Condição Experimental, em metade dos ensaios a ação motora era realizada com a mão entrando no teatro pela direita e nos restantes ensaios com a mão entrando pela esquerda. A tarefa terminava quando os 30 ensaios eram aplicados ou se fosse necessário interromper porque o bebê estava demasiado agitado ou chorando, o que impossibilitava a continuidade da mesma.

Nesta fase, um ensaio era considerado inválido se: (a) a mãe tocasse o bebê de forma ativa (ex., acariciar, sacudir); (b) o bebê puxasse as fibras ou mexesse na touca NIRS; (c) o bebê não olhasse para o estímulo durante o período experimental (mão pega a bola) e olhasse menos de 40% do tempo para o estímulo durante o período de controle (bola em movimento de pêndulo); ou (d) o bebê chorasse de forma intensa e prolongada. Participantes que não tivessem, no mínimo, 3 ensaios de boa qualidade na condição experimental e controle eram excluídos da análise de dados (LLOYD-FOX et al., 2015).

Fase de Execução - O bebê foi encorajado a pegar em brinquedos e objetos coloridos e explorá-los durante alguns segundos. Esta fase possibilitou a identificação das áreas cerebrais recrutadas durante a realização de uma ação motora pelo bebê.

Essa fase foi também administrada em um formato de ensaios, divididos em períodos de aproximadamente 13/14 segundos de Condição Experimental, em que é apresentado um brinquedo/ objeto para que o bebê pegue e explore, seguidos de períodos de 15 a 20 segundos (intervalos randomizados), chamada de condição de linha de base, ou seja, sem qualquer brinquedo/ objeto apresentado ao bebê. Para que o bebê não associasse a apresentação dos objetos/brinquedos a qualquer ação motora, a pesquisadora oferecia o estímulo usando um pegador metálico e o braço coberto com um tecido.

Da mesma forma, nesta fase também foram invalidados ensaios se algum dos seguintes critérios estivesse presente: (a) a mãe tocou o bebê de forma ativa; (b) o bebê mexeu na touca NIRS ou puxou as fibras; (c) o bebê chorou de forma intensa e prolongada sem se acalmar; (d) o bebê se mexeu muito durante o período de linha de base em que não podia explorar os brinquedos. Participantes que não tivessem, no mínimo, 3 ensaios com boa qualidade na condição experimental e controle eram excluídos da análise de dados (LLOYD-FOX et al., 2015).

A fase de observação teve uma duração aproximada de 11 minutos, enquanto na fase de execução foi de aproximadamente 5 minutos. Nos bebês da amostra, foram administrados entre 9 e 30 ensaios na fase de observação ($M = 18$, $DP = 8,93$) e entre 8 e 10 ensaios ($M = 9,43$, $DP = 0,79$) na fase de execução. Por sua vez, após a visualização dos vídeos da sessão, foram considerados válidos, e incluídos na análise estatística, entre 3 e 14 ensaios na fase de observação ($M = 6,86$, $DP = 3,72$) e entre 3 e 7 ensaios na fase de execução ($M = 4,43$, $DP = 1,62$).

3.2.4. Avaliação da linguagem

O Ages Stages Questionnaires 3ª edição (ASQ-3) (SQUIRES et al., 2009), validado para a população brasileira por Filgueiras e colaboradores (2013), é um instrumento que avalia o desenvolvimento global das crianças, na perspectiva da mãe, durante os primeiros 5 anos de vida. Neste estudo foi utilizado o questionário correspondente aos 6 meses de idade, o qual possui 5 blocos compostos por 6 itens cada, avaliando o desenvolvimento do bebê em 5 domínios: comunicação, coordenação motora grossa, coordenação motora fina, resolução de problemas e pessoal/social. A cada item, a mãe atribui uma das seguintes respostas possíveis: “sim” (10 pontos) – quando o bebê já realiza o comportamento, “às vezes” (5 pontos) – indicando que se trata de uma resposta ainda ocasional do bebê, ou “ainda não” (0 pontos) – quando o bebê ainda não realiza o comportamento questionado. A pontuação obtida na escala Comunicação, que inclui itens sobre a linguagem receptiva e expressiva do bebê, será analisada neste estudo.

3.2.5. Paradigma da observação da produção vocal durante interação mãe-bebê

O paradigma da observação da produção vocal do bebê foi aplicado a uma atividade de interação mãe-bebê, que foi gravada em vídeo para posterior codificação. Essa interação foi dividida em 3 episódios de 3 minutos cada. O primeiro episódio consistiu em uma brincadeira livre, em que foi pedido à mãe para brincar com o bebê como costumava fazer em casa, usando os brinquedos disponibilizados pela pesquisadora, os quais eram apropriados para a idade do bebê. O segundo episódio consistiu em uma interação sem brinquedos. Por fim, no terceiro episódio, foi pedido à mãe para ensinar o bebê a brincar com um brinquedo considerado ainda difícil para sua idade.

As produções vocais emitidas durante a interação mãe-bebê foram analisadas de acordo com uma adaptação do sistema de codificação de Chericoni e colaboradores (2016). Foram registradas as frequências das seguintes produções vocais do bebê: (1) gritos e grunhidos, (2) riso, (3) choro, (4) vocalizações – todas as produções vocais formadas por consoantes não duplicadas e vogais ou apenas vogais (por exemplo: “aaaaaaa” ou “gaaaaa”), (5) balbucios longos e duplicados – formada por balbucios reduplicados com, pelo

menos, três sílabas (por exemplo: “babababa”), e (6) balbucios de duas sílabas – caracterizada por balbucios com duas sílabas idênticas ou diferentes (por exemplo: “baba” e “baga”). Sons derivados da respiração, espirros, tosse, soluços e outros sons nasais foram desconsiderados.

Para cada produção vocal foi também cotada a duração em segundos. Para que uma nova produção vocal fosse codificada deveria ocorrer um intervalo mínimo de 2 segundos de silêncio por parte do bebê entre a produção vocal nova e a anterior.

Para efeitos de avaliação da concordância entre observadores, 25% dos vídeos da interação mãe-bebê ($n = 3$) foram codificados, quanto às categorias de produções vocais descritas anteriormente, por um segundo observador. O grau de concordância foi calculado através do coeficiente kappa de Cohen, o qual se revelou adequado ($k = .71$).

3.3. Procedimentos

O presente estudo é parte de um projeto de pesquisa mais alargado com o título “Desenvolvimento sócio-emocional precoce: correlatos neurais e contribuições do comportamento materno”, coordenado pela Prof. Ana Osório, para o qual foi obtido parecer favorável por parte do comitê de ética institucional (CAAE - 42899014.4.0000.0084) antes do início das coletas de dados.

Os bebês foram recrutados através da divulgação do estudo nas redes sociais, rede de contatos pessoais, e em creches públicas da região metropolitana de São Paulo. Para a coleta do presente estudo, as mães e os bebês compareceram ao Laboratório de Neurociência Cognitiva e Social, da Universidade Presbiteriana Mackenzie, quando o bebê tinha aproximadamente 6 meses de idade.

Neste encontro, ao chegarem ao laboratório, as mães eram informadas acerca dos objetivos do estudo e procedimentos a serem realizados na sessão. Depois de esclarecidas quaisquer dúvidas, era solicitado que as mães assinassem o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) para autorizar a sua participação e do bebê no estudo. Em seguida, a visita ocorria na seguinte ordem: interação mãe-bebê; colocação da touca NIRS no bebê; realização do paradigma de processamento da percepção de ações motoras descrito anteriormente; e aplicação dos questionários à mãe.

Durante a administração do paradigma de processamento de percepção das ações motoras, os bebês ficavam sentados em uma cadeira de bebê (*Bumbo multi assento*), com a mãe sentada do seu lado. Todo o procedimento foi gravado em vídeo para posterior codificação e identificação dos ensaios válidos.

Em casos em que o bebê apresentou algum desconforto ao longo da coleta de dados NIRS ou ficou demasiado agitado a ponto de impedir a administração da tarefa, a coleta foi imediatamente interrompida e a touca NIRS retirada. Depois de uma breve pausa, caso o bebê se acalmasse e o seu estado assim o permitisse era realizada uma nova tentativa de administração do paradigma com o sistema NIRS.

3.4. Análise Estatística

Os dados NIRS foram pré-processados seguindo diversas etapas. Em um primeiro momento, os ensaios das tarefas de ambas as fases foram avaliados ao nível dos critérios descritos anteriormente e apenas os ensaios considerados válidos foram incluídos nas etapas seguintes de pré-processamento e análise estatística, as quais foram realizadas com recurso ao software MatLab. Depois, na fase de execução, foi feito o cálculo da densidade ótica e correção de artefactos de movimento, usando os método de interpolação de spline e decomposição de wavelet (NOVI et al., 2020). Em seguida, se procedeu ao cálculo das concentrações de hemoglobina utilizando a equação de Beer-Lambert Modificada. Foi ainda usado um filtro passa baixa em 1 Hz para eliminar batimento cardíaco e ruídos com frequência muito alta. A identificação dos canais ativados para processar uma ação motora executada foi realizada através do teste estatístico General Linear Model (GLM), o qual também elimina atividade fisiológica de baixa frequência. A duração do estímulo foi definida como a média da duração de cada ensaio.

Por sua vez, para os dados da fase de observação, o processamento dos dados NIRS foi similar à anterior. Então, foi calculada a densidade ótica, feita correção de artefactos de movimento através dos método de interpolação de spline e decomposição de wavelet (NOVI et al., 2020), e feito o cálculo das concentrações de hemoglobina utilizando a equação de Beer-Lambert Modificada. Aqui, foi usado um filtro passa banda em 0.005 e 0.5 Hz, que buscou eliminar batimento cardíaco, ruídos com frequência muito alta, e fisiologia de baixa frequência. Depois, foi calculada a média da concentração de hemoglobina oxigenada e desoxigenada, com base nos ensaios considerados válidos para cada bebê, encontrando assim a resposta hemodinâmica de cada participante. Para identificar se algum canal foi ativado, foi analisada a resposta hemodinâmica considerando 2 segundos antes do início do estímulo até 14 segundos após o início do mesmo.

A análise descritiva da pontuação da escala de Comunicação do questionário Ages & Stages respondido pela mãe, da frequência de produções vocais demonstradas pelo bebê na interação com a mãe, e a análise da correlação entre as variáveis anteriores e a ativação neural na tarefa da observação de ações motoras foi realizada no programa de análise de dados IBM SPSS Statistics 20.0.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi identificar se em idade tão precoce quanto os 6 meses de idade já se verifica uma associação entre o processamento neural da observação de ações motoras - medido por meio da fNIRS - e o desenvolvimento da linguagem, avaliado pelas produções vocais do bebê durante a interação com a mãe e relato materno das habilidades de comunicação presentes nessa fase.

Foram analisados os canais localizados bilateralmente sobre a região sensório motora quanto à resposta hemodinâmica durante as tarefas da fase de observação e execução de ações motoras – canais 1 a 6, localizados no hemisfério esquerdo, e os canais 15 a 20, cobrindo a região sensório-motora no hemisfério direito.

Os dados NIRS obtidos durante a fase de execução foram analisados por meio do método Modelo Linear Geral. Este método procurou identificar se havia diferenças estatisticamente significativas, ao nível da concentração de hemoglobina oxigenada (HbO) e desoxigenada (HbR), entre a condição experimental (pegar e explorar um objeto) e a condição de linha de base (período sem em brinquedos). Uma ativação significativa em um canal é registrada quando observamos um aumento da hemoglobina oxigenada e simultaneamente uma diminuição da hemoglobina desoxigenada em que o seu valor de significância é <0.05 .

Em uma primeira fase, os dados NIRS foram analisados considerando o grupo total dos bebês, não se registrando qualquer ativação estatisticamente significativa em nenhum dos canais da região sensório-motora. No entanto, quando analisados os dados para cada bebê individualmente, foi possível observar que todos apresentaram ativação significativa em pelo menos um dos canais mencionados anteriormente, que se encontram localizados na região sensório motora. A Tabela 1 apresenta quais os canais em que houve uma ativação neural estatisticamente significativa para cada um dos bebês na fase de execução.

Tabela 1. Canais ativados em cada participante durante a fase de execução

Participante	Canal	HbO		HbR	
		Beta	<i>p</i>	Beta	<i>p</i>
1	1 ^a	0.35	$< .001$	- 0.09	.041
2	3 ^a	0.22	.004	- 0.53	$< .001$
	6 ^a	0.51	$< .001$	- 0.30	$< .001$
	15 ^b	0.18	$< .001$	- 0.08	.015
	17 ^b	0.35	$< .001$	- 0.15	$< .001$
	19 ^b	0.17	$< .001$	- 0.26	$< .001$

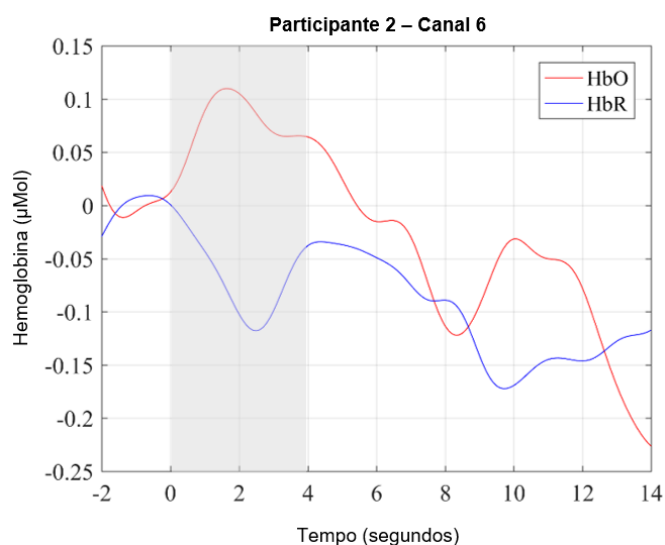
(continua)

Tabela 1. Canais ativados em cada participante durante a fase de execução (conclusão)

3	20 ^b	0.20	.022	- 0.10	.010
4	15 ^b	0.50	< .001	- 0.31	< .001
	19 ^b	0.31	< .001	- 0.15	.001
	20 ^b	0.45	< .001	- 0.36	< .001
5	16 ^b	0.67	< .001	- 0.55	< .001
	18 ^b	0.22	< .001	- 0.14	< .001
	20 ^b	0.47	< .001	- 0.10	.014
6	16 ^b	0.26	.010	- 0.74	< .001
7	15 ^b	0.20	.017	- 0.16	.013

^aHemisfério esquerdo; ^bHemisfério direito; HbO = Hemoglobina Oxigenada; HbR = Hemoglobina Desoxigenada.

Como é possível observar na Tabela 1, quatro bebês registraram ativação em um único canal da região sensório-motora, enquanto os restantes apresentaram ativação em três ou mais canais da região sensório-motora. Além disso, com exceção de um bebê, foi possível notar um padrão de ativação neural consistente em canais localizados no hemisfério direito, indicando não haver ainda a lateralização típica dos adultos, nessa idade. Na mesma linha, Southgate et al. (2009) observaram uma ativação bilateral, e não apenas contralateral, após execução de ações motoras. No entanto, na fase de observação, não se verificou qualquer ativação estatisticamente significativa em canais da região sensório-motora, em nenhum dos hemisférios, tanto na análise dos dados enquanto grupo como um todo quanto na análise individual de cada participante. Os gráficos abaixo apresentam como exemplo a resposta hemodinâmica do participante 2 no canal 6 (Gráfico 1) e do participante 7 no canal 4 (Gráfico 2).

**Gráfico 1.** Mudança na concentração de hemoglobina oxigenada (HbO) e desoxigenada (HbR), no canal 6 para o participante 2, durante a observação de uma ação motora.

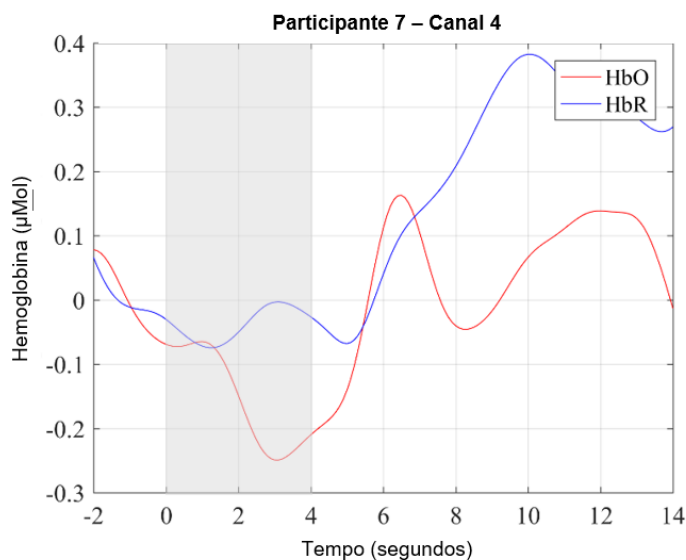


Gráfico 2. Mudança na concentração de hemoglobina oxigenada (HbO) e desoxigenada (HbR), no canal 4 para o participante 7, durante a observação de uma ação motora.

A área cinza dos gráficos (período entre 0 e 4 segundos) corresponde à condição experimental, em que o bebê observa uma mão pegando uma bola. O período seguinte (entre 4 e 14 segundos) corresponde à condição controle, em que o bebê observa uma bola em movimento oscilatório de pêndulo. A linha vermelha representa as mudanças na concentração da hemoglobina oxigenada (HbO), enquanto a linha azul representa as mudanças na concentração da hemoglobina desoxigenada (HbR). No caso do participante 2 (Gráfico 1), foi possível observar um aumento de HbO, acompanhado da diminuição de HbR, no momento em que tem início a condição experimental (mão pega em uma bola). No entanto, dois segundos após o início do estímulo (quando a condição experimental ainda decorria) observamos uma diminuição de HbO e aumento de HbR. Já, no exemplo do participante 7 (Gráfico 2), tanto HbO quanto HbR registraram valores negativos durante o período da condição experimental, sendo que após terminar a condição experimental se verifica um aumento simultâneo de HbO e HbR, o qual é mais acentuado neste último.

No presente estudo, a ausência de ativação neural na região sensório-motora em resposta à observação de ações motoras realizadas por outra pessoa não corroborara os achados do estudo de Shimada e Hiraki (2006), em que foi encontrada uma ativação neural na região sensório-motora, em bebês de 6 a 7 meses, também durante a observação de ações motoras, tal como observado durante sua execução por parte do bebê.

Um outro achado do estudo de Lloyd-Fox et al. (2015) refere-se à relação encontrada entre a ativação neural e as habilidade motoras finas do bebê, tornando-se essa uma variável também importante para ser examinada em estudos futuros quanto à sua relação com a resposta cerebral durante a execução e observação de ações motoras.

Como nenhum canal registrou uma ativação significativa durante a fase de observação de ações motoras, não foi possível proceder à análise da relação entre a ativação neural em resposta a ações motoras observadas e as produções vocais do bebê e o relato materno de suas habilidades de comunicação. Contudo, os dados referentes às produções vocais do bebê, observadas durante a interação mãe-bebê, e as habilidades de comunicação obtidas pelo relato materno ao questionário Ages & Stages-3 encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Estatística descritiva das habilidades de comunicação e produções vocais aos 6 meses de idade

	Mínimo - Máximo	<i>M (DP)</i>
Escala de Comunicação (ASQ-3)	40-60	50,42 (6,557)
Frequência total de produções vocais	1-81	19,42 (22,849)
Gritos e grunhidos	1-33	12,50 (11,588)
Riso	0-27	3,50 (7,787)
Choro	0-4	0,33 (1,155)
Vocalizações	0-22	3,08 (6,748)
Balbucios longos e duplicados	0-0	0 (0)
Balbucios de duas sílabas	0-0	0 (0)
Total de produções vocais por episódio		
Episódio 1 – brincadeira livre	0-19	5,08 (6,459)
Episódio 2 – sem brinquedos	0-31	8,50 (8,040)
Episódio 3 – brinquedo difícil	0-31	5,83 (9,389)

Na escala Comunicação do Questionário Ages & Stages-3, respondida pelas 12 mães dos bebês que participaram do estudo, o escore total variou entre 40 e 60 pontos, com uma média de 50,42 pontos ($DP = 6,557$). De uma forma geral, todos os bebês apresentaram um escore total acima do ponto de corte, o que indica que o desenvolvimento das habilidades comunicativas de todos os participantes está dentro dos parâmetros esperados para a idade. Esse resultado já era esperado, uma vez que a amostra foi composta por bebês com desenvolvimento típico.

Como é possível observar na tabela 2, durante toda a tarefa de interação mãe-bebê, a quantidade total de produções vocais emitidas pelo bebê variou entre 1 e 81, com uma média de 19,42 ($DP = 22,849$). Percebe-se, ainda, uma grande variabilidade na quantidade de produções vocais entre os participantes, que pode estar relacionada tanto com características individuais do bebê quanto comportamentos da mãe que propiciassem mais ou menos dessas produções vocais no momento da interação. No estudo de Bornstein et al. (2015), por exemplo, observou-se que produções vocais não relacionadas a um estado interno de estresse do bebê são significativamente contingentes a produções vocais das mães.

A categoria de produção vocal com maior ocorrência foi a de “gritos e grunhidos”, seguida, respectivamente, de “riso”, “vocalizações” e “choro”. Não houve nenhuma ocorrência nas categorias “balbucios longos e duplicados” e “balbucios de duas sílabas”. A falta de ocorrência de produções vocais que se enquadrassem nessas duas últimas categorias já era algo esperado. No estudo de Chericoni et al. (2016), que analisou produções vocais de bebês por meio de gravações caseiras com uma duração média aproximada de 3 minutos, nenhum bebê com idade até 6 meses emitiu uma produção vocal que se encaixasse como “balbucio longo e duplicado” ou “balbucio de duas sílabas”. No mesmo estudo, no momento em que bebês com desenvolvimento típico tinham idade entre 6 e 12 meses, houve uma média de 0,11 balbucios longos e duplicados e 0,15 balbucios de duas sílabas, sugerindo que esta não é uma categoria comum de produções vocais durante o primeiro ano de vida.

Em uma análise mais aprofundada em cada episódio da interação mãe-bebê, observa-se uma média de 5,08 produções vocais ($DP = 6,459$) no episódio 1 (brincadeira livre), com uma variabilidade entre 0 e 19. No episódio 2 (interação sem brinquedos), episódio com maior frequência de produções vocais, a média foi de 8,50 ($DP = 8,04$), variando entre 0 e 31. No episódio 3 (brinquedo difícil), a média foi de 5,83 produções vocais ($DP = 9,389$), havendo uma variação entre 0 e 31 produções vocais. É interessante notar uma maior frequência de produções vocais no segundo episódio, em que mãe e bebê interagiram sem o uso de brinquedos. Talvez isso esteja ligado ao fato de, aos seis meses, o bebê ainda não se engajar tanto em episódios de atenção compartilhada quanto em idades mais avançadas, como pôde ser observado no estudo de Aquino e Salomão (2011). Além disso, a ausência de brinquedos para interagir pode conduzir a mudanças no comportamento interativo da mãe (por exemplo, maior interação verbal com o bebê) que possam estimular reações no bebê por meio de maior frequência de produções vocais. Por exemplo, se a mãe conversa mais com o bebê durante a interação este pode reagir através de vocalizações ou outras produções vocais. Assim, é importante que pesquisas futuras examinem que comportamentos interativos (verbais e não-verbais) da mãe, em diferentes contextos de interação com seu bebê, poderão estimular as habilidades de comunicação no bebê.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, não foi encontrada uma sobreposição da ativação neural na região sensório-motora durante a observação e a execução de ações motoras – avaliada por meio da fNIRS, pelo que não foi possível testar a hipótese de que essa ativação neural está relacionada com o desenvolvimento da linguagem em um período precoce como os 6 meses de idade.

No entanto, a partir da caracterização das produções vocais dos bebês participantes deste estudo, foi possível perceber que, apesar das idades similares entre os participantes, há uma grande variação na quantidade de produções vocais emitidas por cada um. Talvez essa variabilidade entre os bebês esteja relacionada com a frequência da linguagem usada pelas próprias mães durante a interação, como observado no estudo de Bornstein et al. (2015). Contudo, apesar da grande variabilidade na quantidade de produções vocais, com base no relato materno das habilidades de comunicação do seu bebê, todos os participantes apresentaram um desenvolvimento dentro do esperado para a idade.

A falta de ativação significativa na região sensório-motora durante a fase de observação do paradigma das ações motoras não confirmou os resultados do estudo de Shimada e Hiraki (2006), que também avaliou bebês de 6-7 meses por meio do fNIRS e observou essa ativação na região sensório-motora durante a observação de ações.

Este estudo apresentou algumas limitações como a amostra reduzida, pelo que de futuro se recomenda um estudo de replicação com uma amostra maior de participantes. Além disso, para a avaliação da linguagem, sugerimos observar também outros constructos, como as habilidades relacionadas à atenção compartilhada e comportamentos interativos da mãe (verbais e não-verbais) que possam também influenciar o desenvolvimento das habilidades comunicativas do bebê.

6. AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Rickson Coelho Mesquita, Sergio Luiz Novi Junior e Giovanni Hering Scavariello, do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade de Campinas (UNICAMP) pelo seu apoio na análise dos dados NIRS. Agradeço também à Dra. Vera Lúcia Esteves Mateus pelo essencial suporte teórico, técnico e prático durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

AQUINO, Fabiola de Sousa Braz; SALOMÃO, Nádia Maria Ribeiro. Intencionalidade comunicativa e atenção conjunta: uma análise em contextos interativos mãe-bebê. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, Porto Alegre, v. 24, n. 1, p. 107-115, 2011.

BATES, Elizabeth et al. *The emergence of symbols: Cognition and communication in infancy*. New York: Academic Press, 1979.

BATES, Elizabeth; DICK, Frederick. Language, Gesture, and the Developing Brain. *Developmental Psychobiology*, San Diego, v. 40, n. 3, p. 293-310, fev. 2002.

BORNSTEIN, Marc H. et al. Mother-Infant Contingent Vocalizations in Eleven Countries. *Psychol Sci*, v. 28, n. 8, p.1272-1284, ago. 2015.

CHERICONI, Natasha et al. Pre-linguistic Vocal Trajectories at 6–18 Months of Age As Early Markers of Autism. *Frontiers In Psychology*, v. 7, n. 1595, out. 2016.

COUDÉ, Gino et al. Neurons controlling voluntary vocalization in the macaque ventral premotor cortex. *PLoS ONE*, v. 6, n. 11, nov. 2011.

EJIRI, Keiko; MASATAKA, Nobuo. Co-occurrence of preverbal vocal behavior and motor action in early infancy. *Developmental Science*, v. 4, n. 1, p. 40–48, 2001.

FADIGA, Luciano et al. Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *Journal Of Neurophysiology*, v. 73, n. 6, p. 2608-2611, jun. 1995.

FILGUEIRAS, Alberto et al. Psychometric properties of the Brazilian-adapted version of the Ages and Stages Questionnaire in public child daycare centers. *Early Human Development*, Campinas, v. 89, n. 8, p. 561-576, ago. 2013.

GALLESE, Vittorio. Mirror neurons and the social nature of language: The neural exploitation hypothesis. *Social Neuroscience*, v. 3, n. 3-4, p.317-333, set. 2008.

GERVAIN, Judit et al. Near-infrared spectroscopy: A report from the McDonnell infant methodology consortium. *Developmental Cognitive Neuroscience*, v. 1, n. 1, p. 22-46, jan. 2011.

GLENBERG, Arthur M.; GALLESE, Vittorio. Action-based language: A theory of language acquisition, comprehension, and production. *Cortex*, v. 48, n. 7, p.905-922, jul. 2012.

GOPNIK, A.; MELTZOFF, A. N. Minds, bodies, and persons: Young children's understanding of the self and others as reflected in imitation and theory of mind research. In: PARKER, S. Taylor; MITCHELL, R.W; BOCCI, Maria L. (Eds.). *Self-awareness in animals and humans: Developmental perspectives* (pp. 166–186). New York, Cambridge University Press ,1994.

GRAFTON, Scott T. et al. Localization of grasp representations in humans by positron emission tomography. *Exp. Brain Research.*, v. 112, n. 1, p. 103-111, nov. 1996.

GRAFTON, Scott T. Embodied Cognition and the Simulation of Action to Understand Others. *Annals Of The New York Academy Of Sciences*, v. 1156, n. 1, p.97-117, mar. 2009.

HAGE, Steffen R.; NIEDER, Andreas. Single neurons in monkey prefrontal cortex encode volitional initiation of vocalizations. *Nature Communications*, v. 4, 2409, set. 2013.

LLOYD-FOX, Sarah; BLASI, Anna; ELWELL, C. E. Illuminating the developing brain: the past, present and future of functional near infrared spectroscopy. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 34, n. 3, p. 269-284, 2010.

LLOYD-FOX, Sarah et al. Cortical Activation to Action Perception is Associated with Action Production Abilities in Young Infants. *Cerebral Cortex*, Nova York, v. 25, n. 2, p. 289–297, fev. 2015.

MARTELOTTA, Mário Eduardo et al. Manual de Linguística. São Paulo: Contexto, 2012.

MYERS, David G. Pensamento e Linguagem. In: MYERS, David G. *Psicologia*. 9. ed. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos Editora, 2015. Cap. 9. p. 291-292. Tradução de: Daniel Argolo Estill e Heitor M. Corrêa. Revisão técnica: Angela Donato Oliva.

NOVI, S. L. et al. Functional near-infrared spectroscopy for speech protocols: characterization of motion artifacts and guidelines for improving data analysis. *Neurophotonics*, 7(1), 015001, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1.NPh.7.1.015001>.

RIZZOLATTI, Giacomo; ARBIB, Michael A. Language within our grasp. *Trends Neurosci.*, Los Angeles, v. 21, n. 5, p.188-194, 1998.

RIZZOLATTI, Giacomo et al. Localization of grasp representations in humans by PET: Observation versus Execution. *Exp. Brain Res.*, v. 111, n. 2, p. 246-252, 1996.

SALO, Virginia C.; FERRARI, Pier F.; FOX, Nathan A. The role of the motor system in action understanding and communication: evidence from human infants and non human primates. Evidence from human infants and non-human primates. *Developmental Psychobiology*, [s.l.], v. 61, n. 3, p. 390-401, out. 2018a.

SALO, Virginia C.; ROWE, Meredith L.; REEB-SUTHERLAND, Bethany C. Exploring Infant Gesture and Joint Attention as Related Constructs and as Predictors of Later Language. *Infancy*, v. 23, n. 3, p.432-452, fev. 2018b.

SCOPEL, Ramilla Recla; SOUZA, Valquíria Conceição; LEMOS, Stela Maris Aguiar. A influência do ambiente familiar e escolar na aquisição e no desenvolvimento da linguagem: revisão de literatura. *Revista CEFAC*, São Paulo, v. 14, n. 4, p.732-741, jul. 2012.

SHIMADA, Sotaro; HIRAKI, Kazuo. Infant's brain responses to live and televised action. *Neuroimage*, v. 32, n. 2, p. 930-939, 2006.

SHORE, Cecilia et al. Vocal and gestural symbols: Similarities and differences from 13 to 28 months. In: VOLTERRA, Virginia; ERTING, Carol J. (Eds.). *From gesture to language in hearing and deaf children*. New York: Springer, 1990. p. 79-91.

SOUTHGATE, Victoria et al. Predictive motor activation during action observation in human infants. *Biology Letters*, v. 5, n. 6, p.769-772, 23 dez. 2009.

SQUIRES, Jane et al. Ages & Stages Questionnaires: a parent-completed child monitoring system. 3rd ed. Baltimore: Paul H. Brookes Publishing; 2009.

VIRJI-BABUL, Naznin et al. Neural correlates of action understanding in infants: Influence of motor experience. *Brain and Behavior*, v. 2, n. 3, p. 237–242, mai. 2012.

VOLTERRA, Virginia; ERTING, Carol J. *From gesture to language in hearing and deaf children*. Washington DC: Gallaudet University Press, 1994.

WATKINS, Kate; PAUS, Tomas. Modulation of motor excitability during speech perception: the role of Broca's area. *Journal of cognitive neuroscience*, v. 16, n. 6, p. 978-987, 2004.

YOUNGER, Barbara A.; COHEN, Leslie B. Developmental change in infants' perception of correlations among attributes. *Child Development*, v. 57, n. 3, p. 803–815, 1986.

Contatos: juliana.badamota@gmail.com e ana.osorio@mackenzie.br