

cepção do movimento, movimento, ocular, psicologia cognitiva e psicometria, instrumentação psicológica. Orcid: 0000-0001-6703-7770.

#### Breno Saravicente-Vieira

Mestre e doutor em Psicologia, é professor associado do Departamento de Psicologia da PUC-Rio e coordenador do Laboratório de Pesquisa em Diferenças Individuais e Psicopatologia (LabJP). É bolsista da Faperj (Jovem Cientista do Nosso Estado) e bolsista de produtividade nível 2 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Suas pesquisas são sobre as relações entre características individuais, como inteligência e sexo, experiências traumáticas de vida e o funcionamento psicológico. Orcid: 0000-0002-9922-966X.

Quais são as possíveis implicações das pesquisas na área da psicologia cognitiva básica e aplicada no cotidiano? Como o conhecimento obtido na pesquisa básica em diversas áreas das neurociências e da psicologia cognitiva pode ser aplicado em diferentes contextos? Em Psicologia cognitiva e neurociências, essas questões são abordadas por diversos grupos de pesquisadores que apresentam suas contribuições em cinco grandes seções temáticas. As pesquisas básicas apresentadas na primeira seção tratam da validade do uso de modelos animais no estudo de uma variedade de transtornos mentais, tais como: o Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade, a ansiedade e aspectos relacionados ao Transtorno do Espectro Alcoólico Fetal. Na sequência, a segunda seção agrega capítulos acerca da avaliação dos aspectos cognitivos relacionados ao desenvolvimento infantil, do desenvolvimento de competências socioemocionais, da memória, da assimetria cerebral funcional visuoespacial e do uso da ressonância magnética funcional em estado de repouso como uma ferramenta para a ciência psicológica. A terceira seção aborda a cognição humana em diferentes contextos atuais, tais como o uso de mídias de tela e seu impacto no desenvolvimento infantil, a memória atrelada ao consumo de vídeo games, a relação da publicidade brasileira de produtos dirigida às crianças e a produção de distorções cognitivas e, por fim, uma discussão sobre as funções executivas aplicadas ao manuseio de arma de fogo. Na quarta seção são apresentados diversos modelos teóricos em psicologia cognitiva, que têm o objetivo de apontar fatores que influenciam o julgamento humano em diferentes situações do cotidiano. Na seção final são elencados aspectos aplicados da psicologia cognitiva úteis para a melhoria da qualidade de vida da população desde a primeira infância até a terceira idade. Os capítulos reunidos nessa seção apresentam técnicas terapêuticas voltadas para o tratamento da obesidade e da depressão infanto-juvenil. Além disso, são abordados métodos interventivos utilizados na promoção do envelhecimento ativo e no tratamento da dor crônica. O conjunto dos conhecimentos aqui reunidos busca proporcionar ao leitor uma visão abrangente e instigante das pesquisas em psicologia cognitiva, neurociências e áreas afins.

PSICOLOGIA COGNITIVA E NEUROCIÊNCIAS

editora Appris

# PSICOLOGIA COGNITIVA E NEUROCIÊNCIAS

Modelos Teóricos e Aplicações

J. Landeira-Fernandez  
Joaquim Carlos Rossini  
Breno Saravicente-Vieira  
(org.)

Appris  
Editora

Appris  
Editora

#### J. Landeira-Fernandez

Psicóloga pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), mestre em Psicologia experimental pela Universidade de São Paulo (USP) e Philosophy Doctor (PhD) pela Ucla. Professora titular do Departamento de Psicologia da PUC-Rio, onde é coordenadora do curso de graduação em Psicologia. Pesquisadora da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj). Foi um dos fundadores do Instituto Brasileiro de Neuropsicologia e Comportamento (IBNeC) e do periódico Psychology & Neuroscience. Foi presidente da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Psicologia (Anpepp) e fez parte da diretoria da Sociedade Brasileira de Psicologia (SBP). Orcid: 0000-0002-8397-8008.

#### Joaquim Carlos Rossini

Mestre e doutor em Psicologia pela USP/RR, com pós-doutorado em Psicologia Experimental pela Concordia University, Montreal, Canadá. Professor titular do Instituto de Psicologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), atuando nas seguintes áreas: processamento da informação visual, busca visual, percepção, atenção e memória, memória de trabalho, per-

J. Landeira-Fernandez  
Joaquim Carlos Rossini  
Breno Sanvicente-Vieira  
(org.)

**PSICOLOGIA COGNITIVA E NEUROCIÊNCIAS**  
MODELOS TEÓRICOS E APLICAÇÕES

*Appris*  
Editora

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	9
------------------	---

## I

### PESQUISA BÁSICA COM MODELOS ANIMAIS

1	
A VALIDADE DOS MODELOS ANIMAIS PARA O ESTUDO DOS TRANSTORNOS MENTAIS .....	15
<i>Yury Lages</i>	
<i>Daniel Mograbi</i>	
<i>J. Landeira-Fernandez</i>	
2	
TRANSTORNO DE DÉFICIT DE ATENÇÃO E HIPERATIVIDADE (TDAH) EM ESTUDOS COM ANIMAIS .....	33
<i>Victor C. Romano</i>	
<i>Yury Lages</i>	
<i>J. Landeira-Fernandez</i>	
<i>Thomas E. Krahe</i>	
3	
ANSIEDADE E SOCIABILIDADE EM MODELOS ANIMAIS .....	51
<i>Bruna de Moura Côrtes Coutinho</i>	
<i>J. Landeira-Fernandez</i>	
<i>Thomas E. Krahe</i>	
4	
MODELOS ANIMAIS DO TRANSTORNO DO ESPECTRO ALCOÓLICO FETAL .....	69
<i>Martina Virág Kováč</i>	
<i>J. Landeira-Fernandez</i>	
<i>Thomas E. Krahe</i>	

## II

### AValiação COGNITIVA E COMPORTAMENTAL NA PESQUISA COM HUMANOS

5	
A IMPORTÂNCIA DE INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO PSICOLÓGICA PARA DETECTAR PROBLEMAS AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO INFANTIL .....	89
<i>Flavia Monteiro</i>	
<i>Luis Anunciação</i>	
<i>J. Landeira-Fernandez</i>	

6

**A IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS SOCIOEMOCIONAIS: EVIDÊNCIAS DE UMA NOVA MEDIDA .....99**

*Louise Marques*

*Ana Clara Capistrano*

*Lucas Andrade,*

*Adriana Lima*

*Bruno Oliveira*

*Anna Carolina Portugal,*

*J. Landeira-Fernandez*

*Luis Anunciação*

7

**COMO MEMORIZAMOS A ORDEM SERIAL DE INFORMAÇÕES VISUAIS E ESPACIAIS? .....111**

*Jeanny Joana Rodrigues Alves de Santana*

8

**ASSIMETRIA CEREBRAL FUNCIONAL VISUOESPACIAL .....131**

*Bruno Marinho de Sousa*

*Leonardo Gomes Bernardino*

*Rui de Moraes Jr.*

9

**RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL EM ESTADO DE REPOUSO COMO UMA FERRAMENTA PARA A CIÊNCIA PSICOLÓGICA .....147**

*Felipe de Dios Almeida*

*Breno Sanvicente-Vieira*

**III**

**A COGNIÇÃO HUMANA EM DIFERENTES CONTEXTOS**

10

**USO DE MÍDIAS DE TELA E DESENVOLVIMENTO INFANTIL .....167**

*Raphael Moura Cardoso*

*Murilo Henrique Mendes França*

*Lauro Eugênio,*

*Guimarães Nalini*

*Leandro Leonardo Batista*

*Briseida Dogo de Resende*

11

**MEMÓRIA E VIDEOGAMES .....185**

*Edimilson dos Santos Gonçalves*

*Goiara Mendonça de Castilho*

12

**ESTUDO DA PUBLICIDADE BRASILEIRA DE PRODUTOS DIRIGIDA ÀS CRIANÇAS E A RELAÇÃO COM AS DISTORÇÕES COGNITIVAS .....209**

*Sandra Maria Prado Silveira*

*Ederaldo José Lopes*

*Renata Ferrarez Fernandes Lopes*

13

**AS FUNÇÕES EXECUTIVAS APLICADAS AO MANUSEIO DE ARMA DE FOGO.....225**

*Luis Anunciação*

*Louise Marques*

*Carina Dana Christof,*

*Anna Carolina Portugal*

*J. Landeira-Fernandez*

#### IV

### MODELOS TEÓRICOS EM PSICOLOGIA COGNITIVA

14

**NEUROCIÊNCIA RACIAL.....239**

*Rui de Moraes Jr.*

*Leonardo Gomes Bernardino e*

*Ana Beatriz da Silva Mendes Araujo*

15

**ESTRESSE E FALHAS HUMANAS NO CONTEXTO DO TRABALHO: ALGUMAS CONSIDERA-  
ÇÕES .....255**

*Ederaldo José Lopes*

*Adriano Alves Pereira*

*Adriano de Oliveira Andrade,*

*Selma Terezinha Milagre*

*Jenaina Aparecida de Souza Magela*

16

**PROCESSOS MNÊMICOS E O EFEITO DO TEMPO E DOS AFETOS INTERNOS E EXTERNOS. .269**

*Louise Marques*

*Lucas Andrade*

*Anna Carolina Portugal,*

*J. Landeira-Fernandez*

*Luis Anunciação*

17

**MEMÓRIA OPERACIONAL NO TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA.....283**

*Tatiane Santana Prado Ferraresi*

*Joaquim Carlos Rossini*

18

**JULGAMENTO MORAL EM ADULTOS COM TRANSTORNOS DO ESPECTRO AUTISTA (TEA) . . 293**

*Matheus Fernando Felix Ribeiro*

*Wânia Cristina de Souza*

*Stevam Lopes Alves Afonso*

*Goiara Mendonça de Castilho*

V  
ASPECTOS APLICADOS DA PSICOLOGIA COGNITIVA

19	<b>INTERVENÇÕES COGNITIVAS NA PROMOÇÃO DO ENVELHECIMENTO ATIVO: ASPECTOS COGNITIVOS E PSICOLÓGICOS .....</b>	<b>303</b>
	<i>Angela Maria Sacramento</i> <i>Isabelle Patrícia Freitas Soares Chariglione</i>	
20	<b>DOR, ATENÇÃO E MINDFULNESS: ASPECTOS ATENTIVOS DA DOR E A PRÁTICA DE MINDFULNESS (ATENÇÃO PLENA).....</b>	<b>319</b>
	<i>Mariana Pizzotti Silva</i> <i>Joaquim Carlos Rossini</i> <i>José Aparecido da Silva</i>	
21	<b>INTERVENÇÕES COGNITIVAS EM IDOSOS: BENEFÍCIOS EM MEDIDAS VISUOESPACIAIS E DE HUMOR .....</b>	<b>335</b>
	<i>Fernanda de Sousa Rocha</i> <i>Gislane Ferreira de Melo,</i> <i>João Lucas Araujo Assunção</i> <i>Isabelle Patrícia Freitas Soares Chariglione</i>	
22	<b>DEPRESSÃO INFANTO-JUVENIL E TERAPIA DO ESQUEMA: CONCEITOS TEÓRICOS E PRÁTICA CLÍNICA .....</b>	<b>347</b>
	<i>Renata Ferrarez Fernandes Lopes</i> <i>Laiz Bueno Rodrigues,</i> <i>Ederaldo José Lopes</i> <i>Isabella Ferrarez Fernandes Lopes</i>	
23	<b>ADAPTAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE TRATAMENTO DA OBESIDADE PARA UM MODELO DE TERAPIA COGNITIVO-COMPORTAMENTAL EM GRUPO .....</b>	<b>363</b>
	<i>Andréia de Lima Barbosa</i> <i>Leonardo Gomes Bernardino,</i> <i>Ederaldo José Lopes</i> <i>Renata Ferrarez Fernandes Lopes</i>	
	<b>SOBRE OS AUTORES.....</b>	<b>377</b>

Sousa, B. M., Bernardino, L. G., & de Moraes, R., Jr. (2023). Assimetria cerebral funcional visuoespacial. In Landeira-Fernandez, J., Rossini, J. C., & Sanvicente-Vieira, B., *Psicologia cognitiva e neurociências: Modelos teóricos e aplicações* (pp. 131-145). Curitiba, PR: Editora Appris.

ISBN-10 : 6525048060  
ISBN-13 : 978-6525048062

8

## ASSIMETRIA CEREBRAL FUNCIONAL VISUOESPACIAL

*Bruno Marinho de Sousa  
Leonardo Gomes Bernardino  
Rui de Moraes Jr.*

### Introdução

Nosso cérebro pode ser dividido em uma parte mais lógica e racional e outra mais emocional e holística? Pessoas mais emotivas e pessoas mais racionais usam predominantemente o lado direito e o lado esquerdo do cérebro, respectivamente? Usamos mais um hemisfério cerebral em tarefas cognitivas que envolvem, por exemplo, a percepção e a atenção?

Há muitos mitos e equívocos que envolvem a Assimetria Cerebral Funcional (ACF). O encéfalo é dividido em Hemisfério Esquerdo (HE) e Hemisfério Direito (HD), e, a despeito de suas semelhanças macroscópicas, estes não são completamente simétricos anatomicamente e tampouco possuem as mesmas funções. Essas descobertas datam do século XIX, e desde então o termo “assimetria cerebral funcional”, bem como seus sinônimos, “especialização hemisférica”, “lateralidade hemisférica” e “lateralização das funções hemisféricas”, passaram a se referir às diferenças na estratégia e eficiência do processamento da informação de cada hemisfério em determinadas tarefas. Já “informação lateralizada” refere-se ao modo como um determinado estímulo foi apresentado, sendo processado exclusiva ou prevalentemente por um dos hemisférios (GESCHWIND, 1979; HELLIGE, 1993; SERGENT, 1995; SPRINGER; DEUTSCH, 1998).

O presente capítulo tem por objetivo apresentar um breve histórico dos estudos iniciais sobre a ACF, bem como as evidências sobre a lateralização na percepção visual e no processamento de frequências espaciais. Espera-se, assim, construir um panorama dos estudos da psicologia experimental e das neurociências sobre ACF, percepção visual e frequências espaciais e também confrontar informações pseudocientíficas veiculadas e reproduzidas pela mídia não especializada acerca desse tema.

### Primeiros relatos

As primeiras décadas do século XIX foram fundamentais para o avanço de nosso conhecimento sobre a relação entre o funcionamento do cérebro, as funções cognitivas e o comportamento. Até o fim do século XVIII, a visão prevalente era a de que o cérebro era simétrico e suas funções seriam as mesmas, ou equivalentes, nos dois hemisférios. Essa era a visão da Lei da Dualidade Orgânica, baseada na teoria anatômica de François-Xavier Bichat, e também da frenologia, proposta por Franz Joseph Gall. Os estudos posteriores não encontraram evidências para os postulados da frenologia, por exemplo, a afirmação de que as regiões cerebrais aumentam ou diminuem de tamanho em função de seu uso causando protuberâncias ou depressões no crânio, respectivamente. No entanto, a proposta de Gall forneceu uma questão de investigação clara e testável: há uma relação entre a localização cortical e as funções cognitivas?

A fama pela descoberta da ACF é de Pierre Paul Broca, sendo atribuído a ele o primeiro relato de funções especializadas dos hemisférios cerebrais em 1861 (CORBALLIS, 2009; ELING; WHITAKER, 2009; HUGDAHL, 2000; LEGRENZI; UMILTÀ, 2011). No entanto, uma pesquisa histórica mais detalhada mostra-nos que Broca não foi o primeiro a relatar a ACF (MANNING; THOMAS-ANTÉRION, 2011). Três décadas antes, o médico francês Marc Dax, que trabalhou nas campanhas napoleônicas, coletou dados de 40 pacientes com afasia<sup>2</sup>. Dax concluiu que foram lesões no HE que tornaram os soldados incapazes de se comunicar verbalmente e serem acometidos de hemiparesia<sup>3</sup> no lado direito do corpo. Foi com base nestes dados que ele defendeu a lateralização esquerda da linguagem no trabalho “Lésions de la moitié gauche de l’encéphale coïncidant avec l’oublies signes de la pensée” (em tradução livre, “Lesões na metade esquerda do encéfalo coincidindo com sinais de esquecimento no pensamento”), que foi apresentado no Congrès Méridional em 1836. Apesar de ser o primeiro relato sobre a lateralização da linguagem, seu trabalho passou despercebido, provavelmente por apresentar evidências contrárias à explicação vigente de que não havia diferença no funcionamento dos dois hemisférios cerebrais (MANNING; THOMAS-ANTÉRION, 2011; SPRINGER; DEUTSCH, 1998).

O trabalho que conferiu fama a Broca foi a análise *post-mortem* do paciente M. Leborgne (1861) que evidenciou uma lesão no giro frontal inferior do HE. Leborgne ficou conhecido como “Tan”, por ser esse o único som que ele conseguia emitir. Dois anos mais tarde, Broca apresentou novo trabalho com oito casos semelhantes e em 1865 publicou um artigo indicando que ambos os hemisférios colaboravam para a produção da linguagem, entretanto a principal região envolvida nesta função estaria localizada no HE. Posteriormente, em sua homenagem, a região foi batizada área de Broca, que corresponde ao *pars opercularis* e ao *pars triangularis* do giro frontal inferior (áreas 44 e 45 de Brodmann, respectivamente).

É importante destacar que Broca foi cauteloso e concluiu que a lateralização da linguagem por ele observada não indicava uma disparidade funcional entre os dois hemisférios cerebrais (BERKER; BERKER; SMITH, 1986; PINEL, 2011). Entretanto, na mesma época, surgiram pesquisadores que defenderam que os hemisférios têm papéis diferentes no processamento das funções cognitivas. Por exemplo, em 1865, John Hughlings Jackson sugeriu que o HE seria o “condutor” das funções mentais. Além disso, ele apontou que o processamento da informação visual ocorreria prevalentemente no HD, pois este estaria envolvido na percepção espacial (1865) e na ideação e pensamento visual (1876) (BROWN; KOSSLYN, 1995; CORBALLIS, 2003; GESCHWIND, 1979; SPRINGER; DEUTSCH, 1998).

Em 1874, o neurologista alemão Karl Wernicke publicou um estudo com dez pacientes afásicos (análise *post-mortem* em quatro destes) e descobriu que o giro temporal superior esquerdo estaria envolvido na compreensão da linguagem (ELING; WHITAKER, 2009). Essa região atualmente é conhecida como área de Wernicke (área 22 de Brodmann). Um aluno de Wernicke, Hugo Karl Liepmann, estudou 48 pacientes com apraxia<sup>4</sup> após sofrerem um acidente vascular encefálico (1900) e concluiu que o HE está envolvido na ideia ou no plano de ação de um movimento (PEARCE, 2009). Seus resultados ainda apontaram consequências comportamentais marcantes para lesões no HE: problemas de fala e motricidade. Por outro lado, lesões no HD não causavam prejuízos comportamentais tão óbvios. Devido a isso, o HE foi considerado como dominante (em inglês, *dominant* ou *major*) sobre o HD (em inglês, *subordinate* ou *minor*), ideia essa que perdurou até a década de 1970 (SPERRY, 1982; SPERRY; ZAIDEL; ZAIDEL, 1979).

<sup>2</sup> Afasia é um distúrbio adquirido da linguagem.

<sup>3</sup> Hemiparesia é a paralisia parcial de um lado do corpo.

<sup>4</sup> Apraxia é um distúrbio neurológico adquirido caracterizado pela execução incorreta ou imprecisa de um ato motor aprendido.

No decorrer do século XX, inúmeros estudos encontraram evidências convergentes e robustas sobre a existência da ACF. Nesse processo, os estudos da série da Califórnia foram fundamentais, pois aumentaram drasticamente nossa compreensão sobre o funcionamento de ambos os hemisférios.

### **Epilepsia e a série da Califórnia**

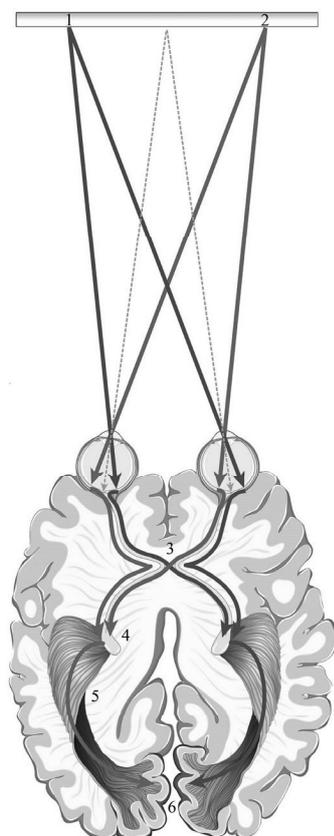
A epilepsia é uma doença neurológica crônica caracterizada pela atividade súbita, excessiva e sincronizada de grupos de neurônios no córtex cerebral (SMITHSON; WALKER, 2012). Essa atividade anormal e temporária é mais conhecida como crise epiléptica. Na primeira metade do século XX, o tratamento farmacológico era incipiente e, para muitos pacientes, este não era eficaz. Para esses casos, uma abordagem cirúrgica foi proposta e testada por William P. van Wagenen e por Andrew J. Akelaitis na década de 1940. Com a hipótese de que a intensidade e a duração da crise epiléptica estavam relacionadas à transmissão da atividade elétrica entre os hemisférios via corpo caloso, foram realizadas cirurgias para a secção das fibras que cruzam o plano sagital do cérebro e que formam essa comissura. Essa intervenção é chamada de calosotomia ou comissurotomia. Embora não tenham se observado grandes prejuízos das funções cognitivas após a cirurgia, o procedimento foi abandonado porque alguns pacientes ainda apresentavam um grande número de crises epiléticas (MATHEWS; LINSKEY; BINDER, 2008). Provavelmente, estes resultados pouco satisfatórios são explicados pela secção incompleta e não uniforme do corpo caloso dos pacientes.

Por essa razão, a comissurotomia permaneceu esquecida por alguns anos, sendo retomada por Ronald Myers e Roger Sperry na década de 1950. Em um engenhoso estudo, eles seccionaram o quiasma óptico no plano sagital mediano em um grupo de gatos, restringindo a projeção da informação visual apenas para o hemisfério ipsilateral no cérebro. Em outro grupo de gatos, eles seccionaram o quiasma óptico e o corpo caloso. Após o procedimento cirúrgico, os gatos dos dois grupos foram treinados numa tarefa de discriminação simples (diferenciar quadrado e círculo) com uma venda no olho esquerdo. Ao fim do treino, a venda foi transferida para o olho direito e os gatos foram testados novamente na mesma tarefa. Os resultados indicaram que não houve diferença no desempenho em função do olho nos gatos com secção apenas do quiasma óptico. Por outro lado, observaram-se dificuldades na realização da tarefa com o olho esquerdo (inicialmente vendado) nos gatos com secção do quiasma óptico e do corpo caloso. Ou seja, não houve transferência de informações entre os hemisférios para o aprendizado da tarefa (MYERS; SPERRY, 1953). Estudos posteriores corroboraram o papel fundamental do corpo caloso na transferência da informação visual e tátil entre os hemisférios (MYERS, 1956; SPERRY; MYERS; SCHRIER, 1960; STAMM; SPERRY, 1957).

Diante destas evidências, a comissurotomia em humanos voltou a despertar interesse na década de 1960. Dois neurocirurgiões do Instituto de Tecnologia da Califórnia, Philip Vogel e Joseph Bogen, testaram a comissurotomia completa num paciente. A cirurgia foi bem sucedida e logo realizaram esse protocolo cirúrgico em mais pacientes, que ficaram conhecidos como a série da Califórnia. O resultado do procedimento cirúrgico, *split-brain* (cérebro dividido), tornou-se um termo clássico dentro das neurociências (SPRINGER; DEUTSCH, 1998). Roger Sperry e seus colaboradores, entre eles Michael Gazzaniga, tiveram a oportunidade de estudar a série da Califórnia. É importante destacar que esse grupo de pesquisa foi o primeiro a estudar a ACF em humanos com o corpo caloso completamente seccionado.

Uma das técnicas utilizadas foi a do campo visual dividido, baseada na organização anatômica do sistema visual (ver Figura 1), no qual o processamento ocorre no hemisfério contralateral ao da origem espacial da informação (BOURNE, 2006). Assim, os hemisférios dos pacientes comissurotomizados puderam ser estudados isoladamente, uma vez que não havia transmissão via corpo caloso nem quiasma óptico. Nesse contexto, é fundamental destacar que o papel dos hemisférios cerebrais nas tarefas é inferido e, ao contrário do que se possa imaginar, não é observado diretamente (LINDELL; NICHOLLS, 2003).

Figura 1 – Via retino-genículo-estriada do processamento visual



A informação projetada em um dado hemiscampo visual é inicialmente codificada no hemisfério cerebral contralateral. A estimulação no hemiscampo visual direito (2, em vermelho), por exemplo, estimula a hemiretina temporal do olho do olho esquerdo, que envia projeções ipsilaterais ao núcleo geniculado lateral (4). Já no olho direito, a informação do hemiscampo visual direito alcança a hemiretina nasal, que envia projeções ao nervo óptico que cruzam para o lado oposto no quiasma óptico (3) em direção ao núcleo geniculado lateral. Deste ponto em diante, a informação de ambos os olhos recebidas do lado direito do campo visual alcança o córtex visual primário (6) do hemisfério cerebral esquerdo por meio da radiação óptica (5). O trajeto é equivalente, porém invertido, para informações projetadas no hemiscampo visual esquerdo (1, em azul).

Fonte: os autores

Os primeiros estudos em pacientes da série da Califórnia indicaram diferenças marcantes entre os hemisférios cerebrais em diversas tarefas sensoriais, tais como discriminação de temperatura, sensibilidade à dor e propriocepção. Os resultados apontaram melhor desempenho nas

tarefas quando as informações eram enviadas ao HE, chamado dominante, em comparação ao HD (GAZZANIGA; BOGEN; SPERRY, 1963). Posteriormente, alguns estudos revelaram o papel do HD em diversas funções cognitivas, e essa visão de dominância do HE começou a ser questionada. Por exemplo, o reconhecimento visual de um objeto anteriormente manipulado com as mãos foi facilitado quando essas informações foram processadas no HD (LEVY-AGRESTI; SPERRY, 1968). Nas décadas seguintes, outros estudos com pacientes comissurizados também descreveram que as informações espaciais são prevalentes e preferencialmente processadas pelo HD. Por exemplo, Corballis, Funnell e Gazzaniga (2002) encontraram essa vantagem em tarefas de discriminação de tamanho, orientação e acuidade de Vernier.

As evidências apontam vantagem para o processamento da linguagem no HE e da informação visuoespacial no HD. Essas diferenças refletem um funcionamento cerebral mais amplo, que foi selecionado no decorrer do processo evolutivo de nossa espécie (LEVY, 1969). Assim, o HE processa as informações de maneira analítica e sequencial; e o HD, de maneira sintética e paralela. Essa organização é vantajosa, pois aumenta nossa capacidade de processamento ao reduzir a duplicação, a interferência e o conflito de informações entre os hemisférios cerebrais (VALLORTIGARA; ROGERS, 2005). Cabe destacar ainda que, antes considerada uma característica exclusiva humana, a ACF é observada em todos os vertebrados e em alguns invertebrados (ROGERS, 2014; VALLORTIGARA; CHIANDETTI; SOVRANO, 2011). Sobre essa divisão de capacidades dos hemisférios cerebrais nos pacientes com cérebro dividido, Sperry (1982, p. 1.224) afirma que cada hemisfério “poderia ter seu próprio processo de aprendizado e sua própria cadeia de memórias, todas, é claro, essencialmente inacessíveis à experiência consciente do outro hemisfério”.

O conhecimento advindo dos estudos com pacientes *split-brain* tornou-se um cânone nas neurociências, com a descrição nos livros-textos, por exemplo, de que esses indivíduos respondem com a mão esquerda aos estímulos apresentados no hemicampo visual esquerdo e respondem com a mão direita e também verbalmente aos estímulos apresentados no hemicampo visual direito. O impacto desses achados foi tão abrangente que, até mesmo, se encontram nos fundamentos de algumas das principais teorias atuais sobre a consciência (e.g., teoria da informação integrada, teoria do espaço de trabalho global, teoria do processamento recorrente; para uma discussão, ver DE HAAN *et al.*, 2021; LEDOUX; MICHEL; LAU, 2020). No entanto, há estudos que encontraram evidências contrárias, revelando que, por exemplo, os indivíduos sem o corpo caloso respondem de maneira acurada aos estímulos apresentados em qualquer localização do campo visual (PINTO *et al.*, 2017). Uma possibilidade indicada pelos autores é a de que o fenômeno *split brain* seja transitório, com a reintegração da conexão entre os hemisférios, pois os pacientes do estudo foram avaliados muitos anos após a cirurgia (de 10 a 23 anos).

Não se pode esquecer que os estudos clássicos supracitados e a afirmação de Sperry, bem como os resultados mais recentes que desafiam a visão clássica, referem-se a pacientes comissurizados em condições experimentais. Dessa observação emerge uma pergunta: há ACF em pessoas neurologicamente normais?

### Percepção visual

As primeiras evidências de que a resposta é afirmativa foram apresentadas por Kimura (1961). Os participantes, com e sem epilepsia, foram submetidos ao paradigma da escuta dicótica, no qual duas informações auditivas são apresentadas simultaneamente, uma em cada ouvido. Os resultados

apontaram uma vantagem de processamento para o ouvido direito em ambos os grupos, provavelmente devido às conexões mais amplas deste com áreas críticas para a linguagem no HE. Esse estudo foi muito importante, por duas razões: demonstrou a ACF em uma modalidade sensorial diferente, a audição; e ampliou as possibilidades de investigação da ACF ao revelar que esta também ocorre em pessoas neurologicamente normais.

Nas décadas seguintes, a ACF em pessoas neurologicamente normais foi descrita em diferentes tarefas comportamentais. Por exemplo, estímulos verbais foram processados mais eficientemente pelo HE (SCOTT; HELLIGE, 1998), e a assimetria é similar em tarefas de produção e de compreensão da linguagem (HÄBERLING; STEINEMANN; CORBALLIS, 2016). Por outro lado, observou-se maior acurácia e rapidez no desempenho dos participantes em tarefas de julgamento de brilho, numerosidade e tamanho dos estímulos quando enviados ao HD (CHARLES; SAHRAIE; McGEORGE, 2007; NICHOLLS; BRADSHAW; MATTINGLEY, 1999), embora também exista evidência de maior distorção de tamanho na ilusão horizontal-vertical<sup>5</sup> para estímulos processados neste hemisfério (WOLFE, MALONEY; TAM, 2005). Ademais, os achados de Cronin-Golomb (1986) revelaram que, em arranjos de figura-fundo, o processamento da figura isolada foi mais eficiente no HE e a integração figura-fundo no HD, sugerindo uma especialização para percepção de detalhes e para percepção global, respectivamente. Essa correlação entre o processamento de características locais (*e.g.*, palavras) no HE e o processamento de formas globais (*e.g.*, faces) no HD foi corroborada recentemente por Brederoo *et al.* (2020).

Uma tarefa espacial muito conhecida na qual também se observa a ACF é a tarefa de bissecção de linhas. Nesta, os participantes indicam o ponto médio de uma linha horizontal, isto é, a localização espacial que a divide em duas partes iguais. A grande maioria dos participantes indica um ponto médio mais à esquerda do ponto médio físico real. Em pessoas sem déficits neuropsicológicos, esse desvio à esquerda é chamado de pseudonegligência (BOWERS; HEILMAN, 1980). Este nome faz referência aos negligentes, pacientes com lesões cerebrais que apresentam déficits atencionais no campo visual contralateral ao hemisfério da lesão. Em geral, esta condição clínica é observada em pacientes com lesão no HD, principalmente dos córtices parietal e parieto-occipital, áreas envolvidas na mobilização tanto da atenção transitória quanto da atenção sustentada em tarefas espaciais (BRODIE, 2010; FINK *et al.*, 2001). Em favor desta hipótese, uma meta-análise de mais de 70 estudos sobre bissecção de linhas sugere que modificações na organização cerebral no processo de envelhecimento repercutem sobre a modulação atencional, o que explicaria a observação de desvios à esquerda em participantes mais jovens e desvios à direita nos mais velhos (JEWELL; McCOURT, 2000). Para uma discussão ampla sobre os achados de que o desempenho humano em tarefas perceptivas varia consideravelmente em razão da posição dos estímulos no espaço (anisotropias do espaço visual), ver Aznar-Casanova e Bernardino (2018).

Uma das ACFs de processos perceptuais mais investigadas pela literatura é a análise de frequências espaciais realizada pelo córtex visual. Isto ocorre porque a análise de frequências espaciais é uma das operações mais básicas e fundamentais da visão. Depois da codificação neural do sinal luminoso no olho, as informações alcançam o córtex visual primário. Lá, durante os primeiros estágios da visão, o sinal neural é decomposto em duas dimensões principais: orientação e frequência espacial (HUBEL; WIESEL, 1968). A partir disso, faixas de frequências espaciais são espacial e temporalmente processadas de modo diferente e dão base para operações mais complexas que se

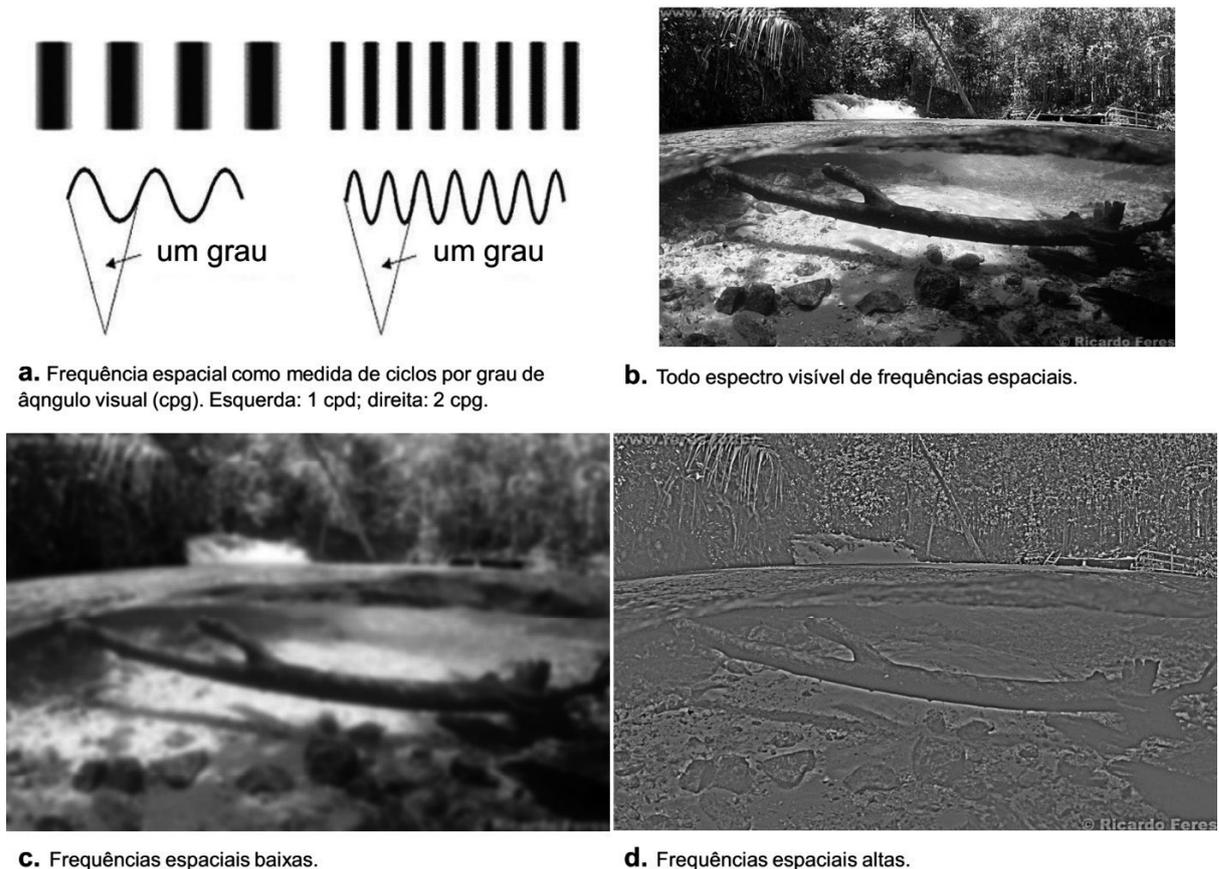
<sup>5</sup> Em um arranjo com duas linhas de mesmo tamanho, uma orientada na horizontal e outra na vertical, o tamanho desta última é superestimada em relação ao tamanho da primeira.

aproximam ou se configuram numa visão de alto nível: percepção de bordas, análise global/local, reconhecimento de padrões e de estímulos complexos (BOESCHOTEN *et al.*, 2005, KAUFFMANN; RAMANÖEL; PEYRIN, 2014; MARR, 1982).

### Análise de frequências espaciais

Antes, porém, de abordar a ACF em questão, cabe aqui uma breve conceituação de frequência espacial. Definimos frequências espaciais como variações periódicas de luminância ao longo espaço. Em psicologia experimental e psicofísica, frequências espaciais são mensuradas em ciclos por grau de ângulo visual (do observador). Um ciclo consiste de uma área clara e outra escura, adjacentes no espaço. Quanto maior a alternância de ciclos em dado espaço (i.e., um padrão de altas frequências espaciais), mais detalhada a percepção. Por outro lado, quanto menor a quantidade de ciclos no mesmo espaço (i.e., padrão de baixas frequências espaciais), mais grosseira é a informação da cena visual (Figura 2).

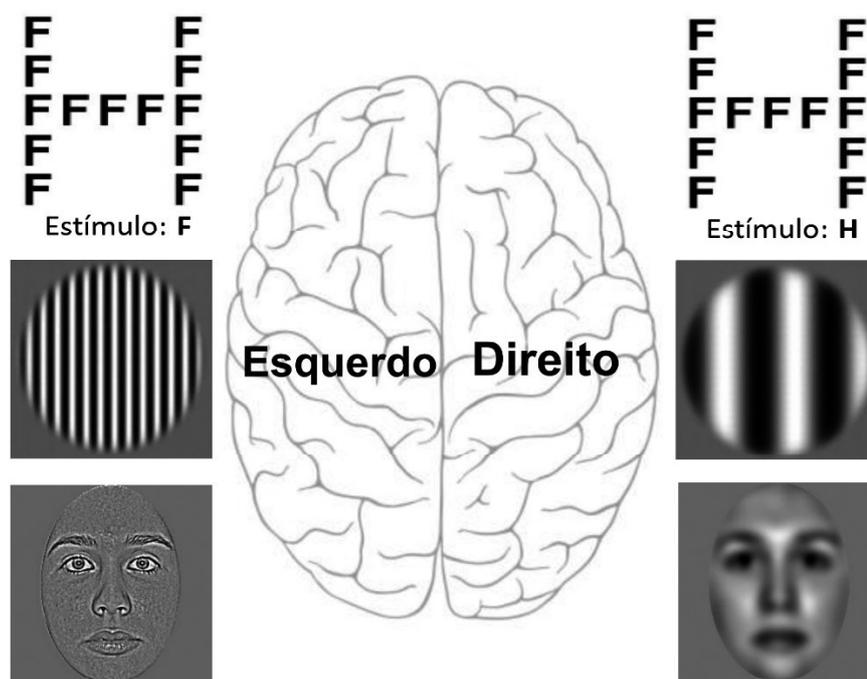
Figura 2 – Frequência espacial: conceito e exemplos



A parte superior esquerda da imagem (a) ilustra o conceito de frequência espacial. Fonte: adaptada pelos autores de [webvision.med.utah.edu](http://webvision.med.utah.edu). A parte superior direita da imagem (b) mostra uma cena visual complexa que foi filtrada para preservar frequências espaciais baixas (c) e altas (d). Fonte: foto original de Ricardo Feres (Parque Estadual do Jalapão, TO, Brasil) e adaptação dos autores

Padrões de altas e baixas frequências espaciais são analisados de modo diferente nos hemisférios cerebrais. Justine Sergent, em uma série de experimentos conduzidos na Universidade McGill e no Instituto Neurológico de Montreal na década de 1980, formulou a hipótese da especialização hemisférica de frequências espaciais. Em seus estudos comportamentais, letras Navon<sup>6</sup> e faces filtradas eram apresentadas lateralizadas enquanto o tempo de resposta e os erros dos participantes eram registrados. Em diferentes tarefas com alta demanda cognitiva, verificou-se simetria hemisférica na sensibilidade às frequências espaciais nos estágios iniciais de processamento. No entanto, em estágios posteriores, os resultados mostraram que o HD foi mais sensível na percepção de frequências espaciais baixas, enquanto que o HE se mostrou mais sensível na percepção de frequências espaciais altas (SERGENT, 1982, 1985, 1987). Estes resultados foram corroborados por estudos posteriores que utilizaram como estímulos tanto grades de ondas senoidais como imagens com filtragem espacial (por exemplo, KEENAN; WHITMAN; PEPE, 1989; KITTERLE; SELIG, 1991; PROVERBIO; ZANI; AVELLA, 1997) (Figura 3). Apesar disso, a hipótese de ACF de frequência espacial não era consenso na literatura (PETERZELL, 1991, 1997; PETERZELL; HARVEY; HARDYCK, 1989).

Figura 3 – Assimetria cerebral funcional no processamento de frequências espaciais



O hemisfério esquerdo é mais eficiente para perceber aspectos locais de estímulos hierárquicos, grades de ondas senoidais com alta variação de luminância e imagens com filtragem espacial que preservam frequências espaciais altas. O hemisfério direito é mais eficiente para perceber aspectos globais de estímulos hierárquicos, grades de ondas senoidais com baixa variação de luminância e imagens com filtragem espacial que preservam frequências espaciais baixas. Fonte: os autores

Fontes adicionais de concordância, maior robustez e refinamento teórico para uma ACF de frequências espaciais foram possibilitadas por meio da revolução computacional, ainda na década de 1980, mas principalmente a partir dos anos 2000 (alguns exemplos são os trabalhos de MUSEL *et al.*,

<sup>6</sup> Estímulos Navon são letras compostas por letras menores e, por isso, apresentam tanto um aspecto global quanto local.

2013; PEYRIN *et al.*, 2003, 2004; REINVANG; MAGNUSSEN; GREENLEE, 2002). Nesse contexto histórico, foi possível: (1) realizar análises e sínteses de Fourier<sup>7</sup> que possibilitaram a utilização de filtros de frequências espaciais em imagens complexas com maior controle metodológico e (2) fazer uso mais acessível de técnicas de neuroimagem e de neuroeletrofisiologia.

Essas vantagens metodológicas ainda possibilitaram a mudança de foco na linha de investigação em frequências espaciais visuais. Até a década de 1980, já existia extensa literatura sobre o papel de células especializadas no córtex visual primário que respondiam a diferentes faixas de frequências espaciais (DE VALOIS; ALBRECHT; THORELL, 1982; HUBEL; WIESEL, 1968; POGGIO, 1972). Porém, após os efeitos da revolução tecnológica, centram-se cada vez mais esforços em desvendar como ocorre a integração de frequências espaciais numa visão de alto nível em áreas corticais de associação. Dessa maneira, emergiram outros modelos explicativos sobre o papel das frequências espaciais na organização perceptiva (*e.g.*, teoria da dupla filtragem por frequência, teoria da hierarquia reversa, e teoria do processamento *coarse-to-fine*), os quais se apoiam na ideia de que o processamento lateralizado das frequências espaciais emerge após o nível sensorial (para uma revisão, ver FELISATTI *et al.*, 2020b).

Levando em conta o maior interesse na organização perceptiva, são relevantes os estudos que utilizam estímulos como a face humana, por exemplo. A face humana é um estímulo visual de alto valor ecológico e primariamente processada numa área de associação terciária bem delimitada, a área facial fusiforme (KANWISHER; McDERMOTT; CHUN, 1997). Um estudo psicofísico de reconhecimento de faces humanas controlou o tempo de exposição, o hemisfério visual de apresentação, a tarefa solicitada pelos participantes e a faixa de frequência espacial preservada nas faces. Os resultados evidenciaram que o contexto cognitivo (a tarefa), o tempo de apresentação e o hemisfério de apresentação modulam a sensibilidade a frequências espaciais no reconhecimento de faces. No entanto, a ACF é unidirecional. Quando a seleção da informação favorece frequências espaciais baixas, prevalece o processamento realizado no HD. Já quando a seleção da informação favorece frequências espaciais altas, prevalece o processamento realizado no HE (MORAES JÚNIOR *et al.*, 2017).

Outro estudo evidenciou que a especialização dos hemisférios cerebrais pode influenciar como ocorre a integração temporal de diferentes faixas de frequências espaciais. É sabido que, em geral, o sistema visual processa as informações de frequências espaciais baixas mais rapidamente que as informações de frequências espaciais altas (HEGDÉ, 2008). Esse padrão é conhecido como *coarse-to-fine*. Ao serem apresentadas cenas naturais numa sequência *coarse-to-fine* (baixas seguidas de altas frequências espaciais) e *fine-to-coarse* (altas seguidas de baixas frequências espaciais), observou-se maior ativação no córtex occipito-temporal direito e esquerdo, respectivamente (PEYRIN *et al.*, 2005). Um estudo interessante que fornece pistas sobre a dinâmica temporal do processamento de faces humanas é o de Peters, Goebel e Goffaux (2018). Os resultados na tarefa comportamental são congruentes aos observados com Eletroencefalografia (EEG), mostrando o processamento da frequência espacial baixa por volta dos 176 ms, coincidindo com o pico do componente N170. Por outro lado, observou-se o processamento da frequência espacial alta somente aos 296 ms, em média. Os dados indicam não apenas que as frequências espaciais são processadas em diferentes intervalos de tempo, corroborando o modelo *coarse to-fine*, mas também a ACF destas: frequência espacial alta associada à ativação do HE e frequência espacial baixa associada à ativação do HD.

<sup>7</sup> A Análise de Fourier é a decomposição de ondas complexas senoidais e/ou cossenoidais, enquanto que a síntese ou transformada de Fourier realiza um somatório das ondas senoidais e/ou cossenoidais componentes de uma imagem para produzir o padrão complexo.

Por fim, vale ressaltar uma contribuição que utiliza variação metodológica importante. Os estudos comportamentais e de neuroimagem relatados anteriormente não estabelecem relações de causalidade, mas relacionam índices psicofísicos ou atividade cerebral com as tarefas experimentais impostas. No estudo de Dos Santos, Andrade e Fernandez-Calvo (2013), foi avaliada a sensibilidade ao contraste a grades de ondas senoidais em pacientes com lesão cerebral unilateral. Os resultados mostraram que pacientes com lesão no HD e HE tiveram prejuízo no processamento de frequências espaciais baixas e altas, respectivamente.

A ACF no processamento de frequências espaciais é um tema clássico na literatura sobre percepção que está longe de ser esgotado. Estudos atuais possuem uma diversidade metodológica e estão ampliando o entendimento sobre as descobertas dos estudos pioneiros. Um bom exemplo é o trabalho de revisão de Kauffmann, Ramanoël e Peyrin (2014). Nesse trabalho, o processamento de alto nível de informações de frequências espaciais é explicado levando em consideração os modelos *coarse-to-fine*, de ACF e de mapeamento retinotópico<sup>8</sup>.

## Considerações finais

Ao percorrer uma livraria, é comum encontrar livros cujos títulos fazem referência à ACF, tais como *Aprendizado com o lado direito do cérebro em 30 dias: o programa da mente integral*, de Pamela Weintraub; e *Desenhando com o lado direito do cérebro*, de Betty Edwards. Cenário semelhante é encontrado na rede mundial dos computadores com muitos testes que prometem identificar seu hemisfério dominante. Essas publicações podem até apresentar evidências científicas obtidas em condições controladas de laboratório, entretanto a divulgação desse conhecimento é realizada de maneira exagerada, parcial e distorcida, convertendo-as em exemplos claros de pseudociência.

No nosso dia a dia, os hemisférios cerebrais interagem o tempo todo, via corpo caloso e outras comissuras, criando uma unidade comportamental harmoniosa (HELLIGE, 1993; SERGENT, 1995). Qualquer generalização das ACFs fora das condições experimentais deve ser vista com cautela (ver CORBALLIS, 2014). Ademais, embora a ACF seja um fenômeno estável em pessoas neurologicamente normais, esta tem uma magnitude de efeito menor em comparação com populações clínicas (IVRY; ROBERTSON, 1998). Esse efeito menor pode mascarar a ACF, sendo o responsável por inconsistências descritas na literatura, quando um mesmo estímulo e/ou tarefa indica a especialização hemisférica em um estudo e não em outro.

O principal desafio nos próximos anos é a formulação de um modelo capaz de descrever, explicar e prever os mecanismos subjacentes e os fenômenos relacionados às ACFs. Nessa direção, um exemplo interessante é o trabalho de Ocklenburg *et al.* (2017). Os autores propõem um modelo multifatorial para a ontogenia da ACF em humanos, cujo início seria ainda na vida fetal envolvendo múltiplos genes e mecanismos moleculares para sua regulação epigenética. Outra proposta recente é o modelo de ajuste de frequência assimétrica do cérebro (*brain's asymmetric frequency tuning model*, em inglês), que integra a lateralização de processamento das frequências espaciais com a assimetria na orientação espacial da atenção para explicar a construção de um percepto coerente na díade percepção-ação (FELISATTI *et al.*, 2020a). O resultado é a representação ótima de frequências espaciais altas no campo visual direito e de frequências espaciais baixas no campo visual esquerdo. Este modelo parece promissor ao fornecer diretrizes para pesquisas futuras e aplicações em áreas

<sup>8</sup> Organização celular cortical que segue o mapeamento da retina, onde ocorre maior sensibilidade a faixas de frequências espaciais altas e baixas em áreas mediais e laterais, respectivamente.

como cognição numérica, dificuldade de leitura, interações sociais e preferências estéticas. Torna-se evidente que é necessário ampliar e aprofundar a integração de diferentes hipóteses explicativas para tentar completar uma parte do quebra-cabeças da cognição humana.

## Referências

- AZNAR-CASANOVA, J. A.; BERNARDINO, L. G. Perceptual anisotropies in visual space. *In*: HUBBARD, T. L. (org.). **Spatial biases in perception and cognition**. New York: Cambridge University, 2018. p. 24-40.
- BERKER, E. A.; BERKER, A. H.; SMITH, A. Translation of Broca's report 1865 localization of speech in the third left frontal convolution. **Archives of Neurology**, [S.l.], v. 43, p. 1.065-1.072, 1986.
- BOESCHOTEN, M. A. *et al.* The relationship between local and global processing and the processing of high and low spatial frequencies studied by event-related potentials and source modeling. **Cognitive Brain Research**, [S.l.], v. 24, n. 2, p. 228-236, 2005.
- BOURNE, V. J. The divided visual field paradigm: methodological considerations. **Laterality: asymmetries of body, brain and cognition**, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 373-393, 2006.
- BOWERS, D.; HEILMAN, K. M. Pseudoneglect: effects of hemispace on a tactile line bisection task. **Neuropsychologia**, [S.l.], v. 18, n. 4-5, p. 491-498, 1980.
- BREDEROO, S. G. *et al.* Towards a unified understanding of lateralized vision: a large-scale study investigating principles governing patterns of lateralization using a heterogeneous sample. **Cortex**, [S.l.], v. 133, p. 201-214, 2020.
- BRODIE, E. E. Reflecting upon line bisection: mirror reversal increases the magnitude of pseudoneglect. **Neuropsychologia**, [S.l.], v. 48, p. 1.517-1.520, 2010.
- BROWN, H. D.; KOSSLYN, S. M. Hemispheric differences in visual object processing: structural versus allocation theories. *In*: DAVIDSON, R. J.; HUGDAHL, K. (org.). **Brain asymmetry**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1995. p. 77-97.
- CHARLES, J.; SAHRAIE, A.; McGEORGE, P. Hemispatial asymmetries in judgment of stimulus size. **Perception & Psychophysics**, [S.l.], v. 69, n. 5, p. 687-698, 2007.
- CORBALLIS, M. C. Left brain, right brain: facts and fantasies. **PLoS Biology**, [S.l.], v. 12, n. 1, p. e1001767, 2014.
- CORBALLIS, M. C. The evolution and genetics of cerebral asymmetry. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, [S.l.], v. 364, p. 867-879, 2009. Series B, Biological sciences.
- CORBALLIS, P. M. Visuospatial processing and the right-hemisphere interpreter. **Brain and Cognition**, [S.l.], v. 53, p. 171-176, 2003.
- CORBALLIS, P. M.; FUNNELL, M. G.; GAZZANIGA, M. S. Hemispheric asymmetries for simple visual judgments in the split brain. **Neuropsychologia**, [S.l.], v. 40, n. 4, p. 401-410, 2002.
- CRONIN-GOLOMB, A. Figure-background perception in right and left hemispheres of human commissurotomy subjects. **Perception**, [S.l.], v. 16, p. 95-109, 1986.
- DE HAAN, E. H. F. *et al.* Singularity and consciousness: a neuropsychological contribution. **Journal of Neuropsychology**, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 1-19, 2021.

- DE VALOIS, R. L.; ALBRECHT, D. G.; THORELL, L. G. Spatial frequency selectivity of cells in macaque visual cortex. **Vision Research**, [S.l.], v. 22, p. 545-559, 1982.
- DOS SANTOS, N. A.; ANDRADE, S. M.; FERNÁNDEZ-CALVO, B. Detection of spatial frequency in brain-damaged patients: influence of hemispheric asymmetries and hemineglect. **Frontiers in Human Neuroscience**, [S.l.], v. 7, p. 92, 2013.
- ELING, P.; WHITAKER, H. History of aphasia: from brain to language. **Handbook of Clinical Neurology**, [S.l.], v. 95, p. 571-582, 2009.
- FELISATTI, A. *et al.* A biological foundation for spatial-numerical associations: the brain's asymmetric frequency tuning. **Annals of the New York Academy of Science**, [S.l.], v. 1.477, n. 1, p. 44-53, 2020a.
- FELISATTI, A. *et al.* The brain's asymmetric frequency tuning: asymmetric behavior originates from asymmetric perception. **Symmetry**, [S.l.], v. 12, n. 12, p. 2083, 2020a.
- FINK, G. R. *et al.* The neural basis of vertical and horizontal line bisection judgments: an fMRI study of normal volunteers. **Neuroimage**, [S.l.], v. 14, p. S59-67, 2001.
- FUNNELL, M. G.; CORBALLIS, P. M.; GAZZANIGA, M. S. Insights into the functional specificity of the human corpus callosum. **Brain**, [S.l.], v. 123 (Pt 5), p. 920-926, 2000.
- GAZZANIGA, M. S.; BOGEN, J. E.; SPERRY, R. W. Laterality effects in somesthesia following cerebral commissurotomy in man. **Neuropsychologia**, [S.l.], v. 1, p. 209-215, 1963.
- GESCHWIND, N. Specializations of the human brain. **Scientific American**, [S.l.], v. 241, n. 3, p. 180-199, 1979.
- GOFFAUX, V. *et al.* From coarse to fine? Spatial and temporal dynamics of cortical face processing. **Cerebral Cortex**, [S.l.], v. 21, n. 2, p. 467-476, 2011.
- HÄBERLING, I. S.; STEINEMANN, A.; CORBALLIS, M. C. Cerebral asymmetry for language: comparing production with comprehension. **Neuropsychologia**, [S.l.], v. 80, p. 17-23, 2016.
- HEGDÉ, J. Time course of visual perception: coarse-to-fine processing and beyond. **Progress in Neurobiology**, [S.l.], v. 84, n. 4, p. 405-439, 2008.
- HELLIGE, J. **Hemispheric asymmetry: what's right and what's left**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University, 1993.
- HUBEL, D. H.; WIESEL, T. N. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. **The Journal of Physiology**, [S.l.], v. 195, n. 1, p. 215-243, 1968.
- HUGDAHL, K. Lateralization of cognitive processes in the brain. **Acta Psychologica**, [S.l.], v. 105, n. 2-3, p. 211-235, 2000.
- IVRY, R. B.; ROBERTSON, L. C. **Two sides of perception**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1998.
- JEWELL, G.; McCOURT, M. E. Pseudoneglect: a review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. **Neuropsychologia**, [S.l.], v. 38, n. 1, p. 93-110, 2000.
- KANWISHER, N.; McDERMOTT, J.; CHUN, M. M. The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. **Journal of Neuroscience**, [S.l.], v. 17, n. 11, p. 4.302-4.311, 1997.

- KAUFFMANN, L.; RAMANOËL, S.; PEYRIN, C. The neural bases of spatial frequency processing during scene perception. **Frontiers in Integrative Neuroscience**, [S.l.], v. 8, p. 1-14, 2014.
- KEENAN, P. A.; WHITMAN, R. D.; PEPE, J. Hemispheric asymmetry in the processing of high and low spatial frequencies: a facial recognition task. **Brain and Cognition**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 229-237, 1989.
- KIMURA, D. Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. **Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 166-171, 1961.
- KITTERLE, F. L.; SELIG, L. M. Visual field effects in the discrimination of sine-wave gratings. **Perception & Psychophysics**, [S.l.], v. 50, p. 15-18, 1991.
- LEDOUX, J. E.; MICHEL, M.; LAU, H. A little history goes a long way toward understanding why we study consciousness the way we do today. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S.l.], v. 117, n. 13, p. 6.976-6.984, 2020.
- LEGRENZI, P.; UMITA, C. **Neuromania**: on the limits of brain science. New York: Oxford University, 2011.
- LEVY, J. Possible basis for the evolution of lateral specialization of the human brain. **Nature**, [S.l.], v. 224, p. 614-615, 1969.
- LEVY-AGRESTI, J.; SPERRY, R. Differential perceptual capacities in major and minor hemispheres. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S.l.], v. 61, p. 1.151, 1968.
- LINDELL, A. K.; NICHOLLS, M. E. R. Cortical representation of the fovea: implications for visual half-field research. **Cortex**, [S.l.], v. 39, n. 1, p. 111-120, 2003.
- MANNING, L.; THOMAS-ANTERION, C. Marc Dax and the discovery of the lateralisation of language in the left cerebral hemisphere. **Revue Neurologique**, [S.l.], v. 167, n. 12, p. 868-872, 2011.
- MARR, D. **Vision**: a computational investigation into the human representation and processing of visual information. San Francisco: Freeman, 1982.
- MATHEWS, M. S.; LINSKEY, M. E.; BINDER, D. K. William P. van Wagenen and the first corpus callosotomies for epilepsy. **Journal of Neurosurgery**, [S.l.], v. 108, n. 3, p. 608-613, 2008.
- MORAES JÚNIOR, R. *et al.* Task and exposure time modulate laterality of spatial frequencies for faces. **Psychology & Neuroscience**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 154-166, 2017.
- MUSEL, B. *et al.* Retinotopic and lateralized processing of spatial frequencies in human visual cortex during scene categorization. **Journal of Cognitive Neuroscience**, [S.l.], v. 25, n. 8, p. 1.315-1.331, 2013.
- MYERS, R. E.; SPERRY, R. E. Interocular transfer of a visual form discrimination habit in cats after section of the optic chiasm and corpus callosum. **Anatomical Record**, [S.l.], v. 115, p. 351-352, 1953.
- MYERS, R. Function of corpus callosum in interocular transfer. **Brain**, [S.l.], v. 79, n. 2, p. 358-363, 1956.
- NICHOLLS, M. E. R.; BRADSHAW, J. L.; MATTINGLEY, J. B. Free-viewing perceptual asymmetries for the judgement of brightness, numerosity and size. **Neuropsychologia**, v. 37, n. 3, p. 307-314, 1999.
- OCKLENBURG, S. *et al.* Epigenetic regulation of lateralized fetal spinal gene expression underlies hemispheric asymmetries. **eLife**, [S.l.], v. 6, p. e22784, 2017.

- PEARCE, J. M. S. Hugo Karl Liepmann and apraxia. **Clinical Medicine**, [S.l.], v. 9, n. 5, p. 466-470, 2009.
- PETERS, J. C.; GOEBEL, R.; GOFFAUX, V. From coarse to fine: interactive feature processing precedes local feature analysis in human face perception. **Biological Psychology**, [S.l.], v. 138, p. 1-10, 2018.
- PETERZELL, D. H. Hemispheric symmetries in the identification of band-pass filtered latters: reply to Christman *et al.* (1997). **Psychonomic Bulletin and Review**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 285-287, 1997.
- PETERZELL, D. H. On the nonrelation between spatial frequency and cerebral hemispheric competence. **Brain and Cognition**, [S.l.], v. 15, p. 62-68, 1991.
- PETERZELL, D. H.; HARVEY, L. O.; HARDYCK, C. D. Spatial frequencies and the cerebral hemispheres: contrast sensitivity, visible persistence, and letter classification. **Perception & Psychophysics**, [S.l.], v. 46, n. 5, p. 443-455, 1989.
- PEYRIN, C. *et al.* Cerebral regions and hemispheric specialization for processing spatial frequencies during natural scene recognition: an event-related fMRI study. **Neuroimage**, [S.l.], v. 23, n. 2, p. 698-707, 2004.
- PEYRIN, C. *et al.* Hemispheric specialization for spatial frequency processing in the analysis of natural scenes. **Brain and Cognition**, [S.l.], v. 53, n. 2, p. 278-282, 2003.
- PEYRIN, C. *et al.* Hemispheric specialization of human inferior temporal cortex during coarse-to-fine and fine-to-coarse analysis of natural visual scenes. **Neuroimage**, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 464-473, 2005.
- PINEL, J. P. J. **Biopsychology**. 8. ed. Boston, MA: Pearson Education, 2011.
- PINTO, Y. *et al.* Split brain: divided perception but undivided consciousness. **Brain**, [S.l.], v. 140, n. 5, p. 1.231-1.237, 2017.
- POGGIO, G. F. Spatial properties of neurons in striate cortex of unanesthetized macaque monkey. **Investigative Ophthalmology**, [S.l.], v. 11, n. 5, p. 368-377, 1972.
- PROVERBIO, A. M.; ZANI, A.; AVELLA, C. Hemispheric asymmetries for spatial frequency discrimination in a selective attention task. **Brain and Cognition**, [S.l.], v. 34, n. 2, p. 311-320, 1997.
- REINVANG, I.; MAGNUSSEN, S.; GREENLEE, M. W. Hemispheric asymmetry in visual discrimination and memory: ERP evidence for the spatial frequency hypothesis. **Experimental Brain Research**, [S.l.], v. 144, n. 4, p. 483-495, 2002.
- ROGERS, L. J. Asymmetry of brain and behavior in animals: its development, function, and human relevance. **Genesis**, [S.l.], v. 52, n. 6, p. 555-571, 2014.
- SCOTT, G. B.; HELLIGE, J. B. Hemispheric asymmetry for word naming: effects of frequency and regularity of pronunciation. **Laterality: asymmetries of body, brain and cognition**, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 343-371, 1998.
- SERGENT, J. Configural processing of faces in the left and the right cerebral hemispheres. **Journal of Experimental Psychology: human perception and performance**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. 554-572, 1984.
- SERGENT, J. Failures to confirm the spatial frequency hypothesis: fatal blow or healthy complication? **Canadian Journal of Psychology**, [S.l.], v. 41, n. 4, p. 412-428, 1987.
- SERGENT, J. Hemispheric contribution to face processing: patterns of convergence and divergence. *In*: DAVIDSON, R.; HUGHDAHL, K. (org.). **Brain asymmetry**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1995. p. 157-181.

- SERGENT, J. Influence of task and input factors on hemispheric involvement in face processing. **Journal of Experimental Psychology: human perception and performance**, [S.l.], v. 11, n. 6, p. 846-861, 1985.
- SERGENT, J. The cerebral balance of power: confrontation or cooperation? **Journal of Experimental Psychology: human perception and performance**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 253-272, 1982.
- SMITHSON, H. W.; WALKER, M. C. (org.). **ABC of epilepsy**. Oxford, UK: Blackwell, 2012.
- SPERRY, R. W. Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres. **Science**, [S.l.], v. 217, n. 4566, p. 1.223-1.226, 1982.
- SPERRY, R.; MYERS, R.; SCHRIER, A. Perceptual capacity of the isolated visual cortex in the cat. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 65-71, 1960.
- SPERRY, R.; ZAIDEL, E.; ZAIDEL, D. Self recognition and social awareness in the disconnected minor hemisphere. **Neuropsychologia**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 153-166, 1979.
- SPRINGER, S. P.; DEUTSCH, G. **Cérebro esquerdo, cérebro direito**. São Paulo: Summus, 1998.
- STAMM, J.; SPERRY, R. Function of corpus callosum in contralateral transfer of somesthetic discrimination in cats. **The Journal of Comparative and Physiological Psychology**, [S.l.], v. 50, n. 2, p. 138-143, 1957.
- VALLORTIGARA, G.; CHIANDETTI, C.; SOVRANO, V. A. Brain asymmetry (animal). **WIREs Cognitive Science**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 146-157, 2011.
- VALLORTIGARA, G.; ROGERS, L. J. Survival with an asymmetrical brain: advantages and disadvantages of cerebral lateralization. **The Behavioral and Brain Sciences**, [S.l.], v. 28, n. 4, p. 575-633, 2005.
- WOLFE, U.; MALONEY, L. T.; TAM, M. Distortions of perceived length in the frontoparallel plane: tests of perspective theories. **Perception & Psychophysics**, [S.l.], v. 67, n. 6, p. 967-979, 2005.