

Análise do comportamento e neurociência: ampliação da explicação do fenômeno comportamental

Ilma A. Goulart de Souza Britto

Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC Goiás

Roberta Maia Marcon

Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC Goiás

Resumo

O presente artigo se propõe a apresentar questões terminológicas e conceituais na pesquisa em neurociência comportamental, contextualizando as antecipações de B. F. Skinner sobre o futuro da análise do comportamento e suas relações com a fisiologia. Também discute o princípio mereológico perpetuado pelos neurocientistas. Apresenta os avanços e desafios da Análise do Comportamento e da Neurociência, incluindo o uso da tecnologia de imagens em tempo real para explorar as relações comportamentais correlacionadas a mudanças neurobiológicas. Por fim sugere que o analista do comportamento pode aplicar sua experiência em pesquisas que variam dos níveis microestruturais aos problemas comportamentais humanos.

Palavras-chave: neurociência comportamental; atividade neural; atividade comportamental; evitação social.

Behavior analysis and neuroscience: expansion of explanatory power to behavioral problems

Abstract

This article aims to present terminology and conceptual questions about the behavioral neuroscience research, contextualizing B. F. Skinner's anticipations about the future of behavior analysis and its relations with physiology. In addition, it also explores the neuroscience mereological principle. It presents the advances and challenges of Behavior Analysis and Neuroscience, including the use of technology as real time images to explore the behavioral relationship and neurological changes. Finally, it suggests that the behavioral analyst can apply his experience in studies that range from microstructural levels to human behavioral problems.

Keywords: behavioral neuroscience; neural activity; behavioral activity; social avoidance.

Ilma A. Goulart de Souza Britto. Docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Psicologia da PUC Goiás. Endereço: Rua Aspília, Quadra A3 Lote 20, Residencial dos Ipês, Alphaville Flamboyant. CEP 74 884-547 - Goiânia GO. E-mail: ilmaagoulart@gmail.com

Tal como antecipou B. F. Skinner:

The physiologist of the future will tell us all that can be known about what is happening inside the behaving organism. His account will be an advance over a behavioral analysis, because the latter is necessarily "historical" – that is to say, is confined to functional relations showing temporal gaps. Something is done today which affects the behavior of an organism tomorrow. No matter how clearly that fact can be established, a step is missing, and we must wait for the physiologist to supply it. He will be able to show how an organism is changed when exposed to contingencies of reinforcement and why the changed organism then behaves in a different way, possibly at a much later date. What he discovers cannot invalidate the laws of a science of behavior (Skinner, 1974, pp. 214-215).

Ao estabelecer um dos primeiros programas de pesquisa em análise do comportamento, de uma perspectiva histórica, Mechner (2008) argumenta que o poder e o apelo da abordagem de B. F. Skinner se baseia, em parte, na noção de que os mesmos métodos experimentais rigorosos, empíricos e quantitativos que se mostraram bem-sucedidos em outras áreas da ciência natural, também podem ser usados para estudar o comportamento dos organismos. Mas, o comportamento a ser estudado, esclarece Mechner (2008), tinha que ser observável, manipulável e quantificável com os instrumentos que a tecnologia contemporânea fornecia. Esse requisito parecia excluir o estudo de entidades que Skinner (1945) denominou eventos privados e outros processos mentais não observados como propósito, vontade que constituíam grande parte do domínio da psicologia tradicional.

Uma análise behaviorista, de acordo com Skinner (1974), considera os relatos acerca do mundo dentro da pele como pistas para o comportamento que ocorreu e as condições que o afetaram, bem como o comportamento atual e as condições presentes que o afetam e, ainda, para as condições relacionadas como o comportamento futuro. Desde a sua inserção no campo da ciência, a análise do comportamento trata do estudo das variáveis que influenciam as ações do organismo.

Em *The Behavior of Organisms*, Skinner (1938, p. 422) sugere que para estabelecer as bases neurológicas de um comportamento, antes é necessária “uma descrição rigorosa ao nível do comportamento para a demonstração de um correlato neurológico”. Sugere também “uma ciência do sistema nervoso que se aproprie da observação direta dos processos neurais”. De acordo com Donahoe (2017), esses pré-

requisitos estão cada vez mais próximos devido ao atual desenvolvimento destas disciplinas.

Disto decorre que só por meio de uma descrição rigorosa dos processos comportamentais haverá condições para estabelecer os correlatos neurofisiológicos do comportamento. Um dia, antecipou Skinner (1956), saberemos o que acontece dentro do organismo quando um estímulo o afeta e desencadeia nele mudanças neurofisiológicas. Eventos neurofisiológicos não são, pois, iniciadores da ação; ao contrário, devem ser entendidos pelo papel que desempenham em uma análise funcional do comportamento (Skinner, 1938; Moore, 2001; Schaal, 2013).

Em relação aos eventos biológicos, Skinner (1956) sugere que a compreensão de um conjunto abrangente de relações funcionais estabelecidas com a maior precisão possível, é a melhor contribuição que o analista do comportamento pode trazer ao empreendimento cooperativo de explicar o organismo como um sistema biológico. Com o status de um sistema biológico, descreve-se o organismo que se comporta nos termos de sua anatomia e, do mesmo modo, descreve-se o comportamento de suas estruturas (Skinner, 1969). Para Skinner (1974), o que uma pessoa venha a conhecer sobre seu próprio comportamento são mais estímulos e mais respostas, pois ela não estabelece contato com o vasto sistema nervoso que serve de mediador de seu comportamento. Entende-se que um organismo é alterado quando exposto a contingências de reforço e o organismo alterado se comporta de modo diferente, em uma data posterior.

Skinner (1974) enfatiza que a análise experimental do comportamento é um ramo da biologia rigoroso, amplo e que progride rapidamente. Por sua vez, Donahoe (2017) expõe a natureza complementar da análise do comportamento e da neurociência como disciplinas científicas, cada uma delas informada e enriquecida pela outra. Embora sejam disciplinas independentes, assegura o autor, ambas estão unidas em dois subcampos de um campo abrangente comum, a biologia. Esforços para integrar descobertas da análise do comportamento e da neurociência estão se tornando cada vez mais próximos pelo atual desenvolvimento dessas disciplinas, devido ao compromisso compartilhado com a teoria de seleção natural, modelo darwiniano de causalidade (Donahoe, 2017).

Ressalta-se, portanto, que a análise do comportamento é uma ciência, independentemente de ser um ramo da biologia

(Donahoe, 1996). Neste sentido, Zilio (2013) esclarece que para entender os processos neurofisiológicos relativos às relações funcionais entre o ambiente e o comportamento é preciso, antes, entender e ter uma clara definição da relação comportamental.

Importante destacar o enunciado do termo neurociência comportamental por D. W. Schaal. Nas palavras de Schaal (2013): “Behavioral neuroscience is the investigation of how the nervous system participate in and accounts for functional relations between environment and behavior” (p. 339). Em adição, Schaal (2005) declarou que a neurociência comportamental será uma parte crítica da evolução da análise do comportamento, uma vez que pode adotar uma forma de descrição alternativa ao princípio mereológico da neurociência cognitiva: “For behavior analysts interested in neuroscience, the current state of neuroscientific theory is unfortunate. Despite a pleasing ring to the phrase “behavioral neuroscience”, what exists instead is a thoroughly cognitive neuroscience” (p. 683). Nessa perspectiva, Schaal (2005) chamou atenção para uma possível aproximação conceitual entre os eventos comportamentais e eventos neurais o que resultaria em uma neurociência comportamental.

Dessa forma, empenhos são direcionados na tentativa de compreender as correlações entre os processos neurofisiológicos e as relações funcionais entre ambiente-comportamento. Ademais, questões que envolvem desafios e avanços para explicar as interrelações dos processos neurofisiológicos e a ciência do comportamento como uma ciência experimental, devem ser colocadas nestes dois diferentes campos da ciência. Na medida em que as técnicas da análise do comportamento se tornam influentes, analisam-se comportamentos mais e mais complexos sob circunstâncias igualmente complexas (Skinner, 1969).

A presente revisão crítica da literatura analisa algumas das questões conceituais para os analistas de comportamento que trabalham em contextos aplicados na tentativa de discutir oportunidades de colaborarem com os neurocientistas, para ajudar a especificar análise de contingências dos estudos em neurociências, cujas pesquisas beneficiariam ambas as ciências. O objetivo deste artigo é descrever as relações ambiente-comportamento e, também, as aplicações da neurociência comportamental. Além disso, discutir o princípio mereológico¹ e

apresentar estudos com o uso de imagens cerebrais para ilustrar mecanismos neurais que se correlacionam aos comportamentos humanos, especificamente o comportamento de fuga/evitação de ambiente sociais.

Comportamento e atividade neural

O comportamento pode ser definido como a relação entre as respostas e seus estímulos antecedentes e consequentes. Cumpre salientar que o comportamento, compreendido como ação, ou aquilo que um organismo faz, é apenas parte das atividades totais do organismo (Skinner, 1938). O organismo que se comporta, evidentemente não é vazio, muitas de suas atividades neurais podem ser observadas, medidas (Skinner, 1938) e correlacionadas com algum comportamento em tempo real. Acrescenta-se que os processos neurais dependem de um organismo em ação e o analista do comportamento pode oferecer uma ferramenta poderosa, sua compreensão das contingências comportamentais.

Importante enfatizar que o comportamento não é causado pelo cérebro, embora dele dependa para ocorrer. Nesse sentido, esclarece Zilio (2015), os processos neurofisiológicos que ocorrem quando um organismo age não são particularidades do comportamento, mas de atividades neurais; portanto, processos neurofisiológicos não são causas do comportamento; as atividades cerebrais são parte das atividades do organismo. Para verificar as relações ordenadas entre atividade cerebral e comportamento deve-se buscar dados de ambas as ciências. Nesse sentido, a ação humana será explicada, conforme Skinner (1989), com a colaboração da etologia, da antropologia, da ciência do cérebro e da análise do comportamento.

Para Skinner (1956, 1974), o comportamento existe somente quando está sendo executado e essa execução depende de um sistema nervoso para ocorrer, assim como de outros sistemas (respiratório, circulatório, etc.). As relações funcionais entre o ambiente do organismo e seu comportamento são estabelecidas, mantidas ou alteradas pelas suas experiências (Schaal, 2013).

Donahoe e Palmer (1994) esclarecem que os efeitos seletivos dos ambientes ancestral e individual modificam fisiologicamente o organismo em termos de conexões entre neurônios, sendo que algumas dessas mudanças

¹¹ Atribuir predicados psicológicos ao cérebro (Bennett & Hacker, 2003).

são retidas por meio da aprendizagem. As mudanças nas conexões neurais perduram no sistema nervoso e ambientes subsequentes exercem seus efeitos seletivos sobre o organismo modificado.

Mechner (2008) sugere que o mapeamento das estruturas neurais geralmente envolve correlacionar a atividade neural registrada com alguma contingência comportamental para tornar seus detalhes explícitos e precisos. Nesse sentido, Schaal (2013) observa que a neurociência está se tornando um empreendimento cada vez mais comportamental. Os neurocientistas comportamentais estariam mais perto de conseguir descrever essa integração por rejeitar a crença cultural de que os eventos cerebrais emergem de atividades subjacentes inobserváveis como construtos explicativos deduzidos.

Para os interessados nas descobertas neurais e comportamentais do que é considerado neurociência comportamental sugere-se a leitura de Schaal (2013). O autor defende que os mecanismos neurais de reforço participam de comportamentos mais complexos, seguidos de exemplos da aplicação da neurociência comportamental aos problemas humanos. Também salienta que o termo plasticidade neural – central nas teorias neurais – se refere a adaptações na estrutura e atividades neurais durante o desenvolvimento, em resposta a lesões ou como consequência da experiência de um organismo com o meio ambiente. Schaal discute ainda as dificuldades conceituais que os analistas do comportamento enfrentam quando tentam integrar a teoria comportamental a neurociência.

O organismo como um sistema biológico

Thompson (2007) sugere que o repertório comportamental de um organismo tenha o status de um sistema biológico, semelhante a outros sistemas, como os sistemas nervoso, cardiovascular ou imunológico. Portanto, um sistema coletivo de unidades comportamentais que interagem com outros sistemas funcionais da condição humana. Thompson salienta que um sistema não precisa ser reduzido ao outro, mas a exploração da relação entre eles, provavelmente aumentará a compreensão de cada sistema. Sugere ainda, em termos evolutivos, que a adaptabilidade destes sistemas comportamentais funcionais e a propensão a construir outros repertórios comportamentais mais complexos e de ordem superior são responsáveis pela viabilidade e singularidade individual da espécie humana.

Thompson (2007) defende que as distinções entre os eventos biológicos e comportamentais são, muitas vezes, enganosas gerando controvérsias epistemologicamente problemáticas; parte daquilo que é visto como biológico, “geralmente considerado inacessível ou hipotético” (p. 423) pode se tornar publicamente mensurável com o uso de tecnologias disponíveis e em desenvolvimento, o que pode ser verificado em Schlund e Cataldo (2005). Os autores utilizaram neuroimagem funcional para estudar a ativação cerebral correlacionada com a apresentação de estímulos discriminativos.

Para Thompson (2007), “A biological system is a functionally related group of interacting, interrelated, or interdependent elements forming a complex whole that serves an organismic function, such as reproduction or endocrine activity” (p. 424). Para esse autor, a maioria dos sistemas biológicos possui componentes endógenos como o cérebro com seus neurônios, fibras nervosas etc., mas respondem a entradas externas como oxigênio, mudanças de temperatura, estimulação visual etc., ainda que cada sistema opere de acordo com um conjunto de funções internamente consistentes e em parte independentes. Os sistemas biológicos interagem entre si. Por exemplo, o sistema nervoso corrobora com o sistema respiratório na absorção de oxigênio no corpo e o sangue oxigenado permite que as células cerebrais funcionem; as interações coordenadas entre os vários sistemas biológicos tornam possível que um organismo sobreviva e funcione como um todo integrado (Thompson, 2007).

A linha entre o público e o privado, ressalta Skinner (1953), não é fixa e o limite muda a cada descoberta de uma técnica que torna público os eventos privados. Em adição, Thompson (2007) propõe que a durabilidade das mudanças na probabilidade de resposta pública pode depender de eventos de mediação que são fortalecidos em conjunto com as respostas reforçadas. Cumpre salientar que um elemento foi adicionado à análise de contingências: evento de mediação conjunta entre os antecedentes e consequências, operando em paralelo com as respostas operantes (Schaal, 2013; Thompson, 2013).

Thompson (2007) esclarece que eventos mediadores conjuntos ocorrem no cérebro após uma operação motivadora (OM) ou estímulo discriminativo (SD) antes da resposta reforçada; alterações microestruturais do cérebro (e.g., formações de sinapses) após a resposta reforçada, podem ser aumentadas via reforço e diminuídas pela extinção. O aumento do número

de sinapses nas estruturas envolvidas na emissão de uma dada resposta aumenta a probabilidade de sua recorrência (Thompson, 2007).

É importante destacar que esses eventos mediadores não necessariamente possuem um status diferente na contingência podendo ser um elo de uma cadeia comportamental, conforme analisado por Fonseca Júnior e Hunziker (2016) ao interpretarem os dados apresentados por Nicoletis e Chapin (2002/2004). Moore (2002), por sua vez, diferencia eventos fisiológicos que são investigados enquanto eventos comportamentais, de eventos fisiológicos que são analisados enquanto substratos necessários para que contingências exerçam efeito ou como produto dessas contingências.

Como acima mencionado, Schaal (2013) define a neurociência comportamental como a investigação dos processos neurais que participam e explicam as relações funcionais entre ambiente e comportamento. É justamente por essa definição que Schaal assume a centralidade da relação funcional nas explicações do comportamento. Por conseguinte, o trabalho da neurociência comportamental é elucidar os mecanismos e processos no sistema nervoso que permitem a realização dessas relações funcionais ou que são produtos dela. Para Schaal (2013), essa é uma abordagem de mediação: “so at least tentatively I will assert that brains mediate environment-behavior relations” (p. 354).

Contudo, Schaal (2013) esclarece que o termo mediar é um termo “fraco e inespecífico” (p. 354), pois ao se deparar com os desafios do campo o cientista não deve ignorar o que o cérebro faz. Torna-se fundamental uma compreensão do aninhamento (do inglês, nestedness) do cérebro com o resto do corpo, da pessoa no mundo, onde cada entidade executa processos que se sobrepõem, se voltam para si, para o outro, no tempo e no espaço (Schaal, 2005, 2013). Consequentemente, o entendimento de como o cérebro participa do comportamento dependerá da capacidade de se referir a eventos em vários níveis de interação, inclusive os da relação ambiente-comportamento correlacionados com a atividade neural.

Nas palavras de Mechner (2008), a linguagem das disciplinas científicas evolui de modo contínuo, por meio dos processos de importação de termos, criação de novos e eliminação gradual de outros. Por exemplo, a biologia importou célula, cunhou vírus e eliminou humores. Com o tempo, as terminologias e os conceitos nebulosos (e.g., o conceito de doença mental) são substituídos por termos e conceitos novos e, por sua vez, mais úteis a uma disciplina

científica; isso pode ocorrer quando a tecnologia de uma disciplina é aplicada aos fenômenos da outra.

Schlund e Cataldo (2005) declaram que investigações sobre a relação entre o aprendizado operante e a função cerebral nunca foram consideradas uma busca sem importância ou desnecessária, mas apenas difíceis. Assim sendo, estudos com uso de tecnologia de neuroimagem, envolvendo análise de contingências e eventos cerebrais, produzidos por diferentes padrões de estimulações ambientais, podem contribuir para o avanço da análise do comportamento. O potencial de integração destas disciplinas – análise do comportamento e neurociência – será maior à medida que os pesquisadores formularem análises funcionais e colocarem em prática manipulações de condições que permitam identificar a relação entre fenômenos distintos, dados comportamentais e de neuroimagem (Timberlake, Schaal & Steinmetz, 2005).

Enfim, a relação funcional entre atividades comportamentais e atividades neurais fornece suporte para as observações e descrições das relações entre eventos que ocorrem nos ambientes interno e externo. Os analistas do comportamento podem identificar um maior número de variáveis que operam em uma análise funcional e que também servem às funções orgânicas. Podem também participar de investigações em neurociências e aplicar sua experiência prática dispondo condições experimentais para a investigação de processos que variam desde os níveis microestruturais ao comportamento humano complexo e, ainda à pesquisa sobre lesões cerebrais, autolesões, tratamento medicamentoso versus tratamento comportamental etc.

Princípio mereológico

Bennett e Hacker (2003) apresentam os resultados de um projeto de cooperação entre um neurocientista (Bennett) e um filósofo (Hacker), em que ambos se debruçam sobre os fundamentos conceituais da neurociência cognitiva. Neste projeto foi avaliado a linguagem teórica dos neurocientistas cognitivos que equiparam a mente às operações cerebrais e assim, criaram o dualismo físico cérebro e corpo. Para ambos os autores, orientar a investigação que esclareça a pesquisa do cérebro é uma empreitada neurocientífica; já a investigação das relações lógicas entre os conceitos é uma tarefa filosófica.

Bennett e Hacker (2003) ao proporem a aplicação do princípio mereológico à

neurociência, concluem que os predicados psicológicos (e. g., pensar, saber, imaginar) só se aplicam aos seres humanos compreendidos como organismos como um todo e não às suas partes, tal como o cérebro: “Ascribing psychological attributes to the brain” (p. 68). Em decorrência, a imputação de atributos psicológicos ao cérebro pelos neurocientistas cognitivos (e. g., atribuir ao cérebro atividades como o pensar) pode ser qualificada como a falácia mereológica na neurociência.

Nesse sentido, substituir a mente cartesiana imaterial e não observável pelo cérebro material e observável resultaria em erros e profunda confusão. Assim sendo, não é de surpreender que seria falacioso, incoerente, ou mesmo improcedente, atribuir predicados psicológicos ao cérebro (Bennett & Hacker, 2003; Corchs, 2010; Skinner, 1938, 1953; Smith, 2007; Starling, 2000; Zilio, 2013, 2015).

Desse modo, Bennett e Hacker (2003) rechaçaram o dualismo corpo e cérebro dos neurocientistas cognitivos pelo fato de equipararem a mente com as operações cerebrais. Por conseguinte, não se consegue explicar, como é que um animal percebe por referência ao cérebro ou alguma parte do cérebro, pois não faz sentido imputar esses atributos a não ser ao animal como um todo; “*Is the animal that perceives, not parts of his brain, and it human beings who think and reason, not their brains*” (Bennett & Hacker, 2003, p. 3).

Conclui-se, que o cérebro não “faz”, “pensa”, “sente”, portanto, não inicia, de maneira autônoma, qualquer atividade de um organismo. Todavia, é necessário que exista um cérebro para o ser humano aprender, pensar, lembrar, imaginar, perceber, emocionar ou realizar projetos (Bennett & Hacker, 2003; Corchs, 2010; Skinner, 1938, 1953; Smith, 2007; Starling, 2000; Zilio, 2013, 2015).

Schaal (2005) alerta que sem o conhecimento dos mecanismos e processos cerebrais correlacionados com o comportamento, os neurocientistas cognitivos estendem os conceitos psicológicos ao nível do cérebro, aos quais normalmente não se aplicam. De acordo com Schaal (2005) esta é a forma de explicação comum na psicologia cognitiva, com a mente substituída pelo cérebro, a qual foi notada por dezenas de cientistas, ninguém mais consistente que B. F. Skinner.

Schaal (2013) esclarece que os processos no cérebro tornam possível o reforço (liberação de dopamina da área tegmental ventral, alteração da

eficácia sináptica nos neurônios, etc.), mas é improvável que o termo reforço se aplique a eles. Tais eventos cerebrais permitem que o reforço ocorra e, até certo ponto, o explique; porém o reforço continuará sendo uma relação entre o comportamento de um organismo e o seu ambiente (Schaal, 2003, 2013).

Conforme Bennett e Hacker (2003), quando se lida com problemas empíricos sem a adequada clareza conceitual, está-se sujeito a questões mal concebidas e investigações mal conduzidas. Em relação a esses questionamentos, Mechner (2008) sugere que se o objetivo é poupar os neurocientistas cognitivos das frustrações e insucessos, uma estratégia seria oferecer a eles as ferramentas concretas com as quais melhor fariam e convencê-los de sua utilidade. Essas ferramentas incluiriam maneiras de analisar ou reformular conceitos difusos em conceitos operacionais, como a aplicação da análise de contingências comportamentais para identificar e relacionar parâmetros relevantes de variáveis independentes nos experimentos de neurociência.

Nas palavras de Skinner (1956), o pensamento científico é a mais complexa e a mais sutil de todas as atividades humanas. Um dos fundamentos da ciência comportamental é o de que os eventos comportamentais ou psicológicos não acontecem dentro do organismo, mas na interação com os ambientes. Noë (2009) esclarece que o cérebro não é o lócus destes eventos; e exemplifica que pensar, sentir ou conscientizar “é algo que fazemos, ativamente, em nossa interação dinâmica com o mundo ao nosso redor” (p. 24).

Skinner (1974) também alerta que o mundo físico gera tanto a ação física quanto as condições físicas no interior do corpo, por meio das quais uma pessoa responde. Nessa perspectiva, os analistas do comportamento podem contribuir com a neurociência comportamental, ainda que Schaal, (2005) aponte para possíveis dificuldades conceituais que os analistas do comportamento podem enfrentar quando tentarem integrar a sua teoria à neurociência comportamental.

Pesquisas de imagens cerebrais

Nessa seção será apresentado um conjunto de estudos onde foram usadas técnicas de neuroimagem que surgiram recentemente e que têm crescido em pesquisas neurocientíficas. Neste sentido, a neuroimagem tem sido usada para estudar a ativação cerebral correlacionada a algum tipo de apresentação de estímulos.

Na década de 1990, o governo norte-americano decretou a década do cérebro. Esse decreto possibilitou o financiamento de pesquisas em neurociências, cujos avanços resultaram em maiores conhecimentos sobre a atividade do sistema nervoso (Blakemore, 2000). Com as técnicas de exames em neuroimagem, tornou-se possível correlacionar o comportamento e a parte do córtex ativa detectada pela tomografia por emissão de pósitrons (PET) e tomografia por emissão de fóton único (SPECT) o que possibilitou analisar a relação entre a atividade cerebral, as alterações neuroquímicas e as mudanças comportamentais (Kennedy, Caruso & Thompson, 2001; Bennett & Hacker, 2003).

Em relação às investigações de atividades neurais, Schlund e Cataldo (2005) propõem que apesar de seu rápido desenvolvimento, a pesquisa em ressonância magnética (RM) não deixa de ter suas próprias preocupações metodológicas, algumas das quais resultam da falta de precisão na organização das condições de estímulos para tornar seus detalhes explícitos. Ademais, a maioria dos experimentos da função cerebral envolve a comparação da ativação neural durante diferentes condições na apresentação de estímulos, emissão de respostas ou ambas. Não obstante, uma ciência como a análise do comportamento, que se desenvolveu devido ao considerável rigor na organização das condições ambientais para controlar o comportamento, deve contribuir para a precisão no desenvolvimento de pesquisa de imagens cerebrais que possibilitem replicações (Schaal, 2013; Schlund & Cataldo, 2005).

A RM é uma tecnologia não invasiva e de risco mínimo para o estudo das relações entre comportamento-cérebro e doenças relacionadas ao cérebro. Imagens de ressonância magnética funcional (IRMf) têm sido usadas para investigar o funcionamento cerebral, em tempo real. Por exemplo, ao participante de uma pesquisa que está dentro do scanner de IRMf é apresentado um estímulo neutro (uma matriz aleatória de quadrados escuros) e, em seguida, é mostrado o estímulo de sonda (a imagem do rosto de uma pessoa). As áreas cerebrais que se tornam mais ativas são amplamente oxigenadas, durante e imediatamente após a apresentação do estímulo de sonda (Thompson, 2013).

O uso destas tecnologias inclui quantificação: a) do tamanho e a posição de estruturas cerebrais discretas (RM); b) de alterações na ativação de regiões cerebrais específicas sob diferentes estímulos, isto é, funções funcionais (IRMf), dentre outras. O uso da tecnologia IRMf em tempo real está se

expandindo para estudar a ativação cerebral correlacionada com a apresentação de estímulos discriminativos (Schlund & Cataldo, 2005; Thompson, 2013). A seguir alguns estudos com este tipo de tecnologia.

Pesquisas revisadas por Cohen-Cory (2002) indicaram os mecanismos celulares dependentes de uma dada ação em vários níveis dentro do cérebro que controlam o desenvolvimento da atividade sináptica. A formação e a estabilização de sinapses no sistema nervoso dos animais é um processo dinâmico, que requer comunicação bidirecional entre os neurônios pré e pós-sinápticos. Numerosos mecanismos coordenam onde e quando é promovida a formação de sinapses. Durante a sinaptogênese, sinapses formam, amadurecem, estabilizam e são também eliminadas por um processo que exige comunicação íntima entre os neurônios. Avanços em metodologias que incluem IRMf de neurônios forneceram informações sobre os processos moleculares, celulares e dependentes de atividades cerebrais que orientam a sinaptogênese no sistema nervoso central em desenvolvimento.

Procedimentos envolvendo uso de scanner de IRMf se tornaram condições padrões para o estudo de processos cerebrais, o que será sintetizado na Tabela 1. Adiante, maiores descrições dos estudos.

Eisenberger, Lieberman e Williams (2003) investigaram os correlatos neurais da exclusão social para testar se as bases cerebrais da dor social (angústia) são semelhantes às de dor física. Os participantes jogavam um jogo virtual de arremesso de bolas, do qual foram finalmente excluídos. Fazendo um paralelo com os resultados dos estudos em que os participantes sofriam dor física, o córtex cingulado anterior (CCA) foi mais ativo durante a exclusão social do que durante a inclusão e correlacionou-se positivamente com os correlatos neurais de angústia. O córtex pré-frontal ventral direito (RVPFC) estava ativo durante a exclusão social e correlacionou-se negativamente com o correlato neural de angústia. As alterações do CCA mediaram a correlação RVPFC-angústia, sugerindo que o RVPFC participa do sofrimento da exclusão social, interrompendo a atividade do CCA.

Schlund e Cataldo (2005) integraram metodologia operante e de neuroimagem funcional para investigar a ativação cerebral frente a dois tipos de estímulos discriminativos correlacionados com diferentes contingências. Um scanner IRMf acoplado ao software QBASIC© foi utilizado para programar a apresentação de

Tabela 1

Pesquisas de imagens cerebrais em tempo real via ressonância magnética funcional (IRMf).

Objetivo da pesquisa	Procedimentos com IRMf	Alterações no sistema nervoso central	Referência
Investigar os correlatos neurais da exclusão social para testar se as bases cerebrais da dor social (angústia) são semelhantes às de dor física.	Jogo virtual de arremesso de bolas até o sujeito ser excluído: neuroimagem após exclusão.	O córtex cingulado anterior (CCA) foi mais ativo durante a exclusão social do que durante a inclusão e correlacionou-se positivamente com os correlatos neurais de angústia. O córtex pré-frontal ventral direito (RVPFC) estava ativo durante a exclusão social e correlacionou-se negativamente com o correlato neural de angústia. As alterações do CCA mediaram a correlação RVPFC-angústia, sugerindo que o RVPFC participa do sofrimento da exclusão social, interrompendo a atividade do CCA.	Eisenberger, Lieberman e Williams (2003)
Investigar a ativação cerebral frente a dois tipos de estímulos discriminativos (S ^D). Investigar a neuroimagem humana na memória de reconhecimento empregando instruções verbais para direcionar a atenção a um estímulo.	Treino discriminativo: nove letras gregas de 7,6 x 7,6 aleatórias. Três conjuntos de estímulos antes e após a neuroimagem.	Ativação nas regiões cerebrais frontal e estriatal de ambos os conjuntos de estímulos discriminativos em relação aos estímulos de controle. Diferenças de ativação cerebral entre os estímulos discriminativos. Regiões cerebrais similares (córtex pré-frontal dorsolateral e ventrolateral, regiões parietais, inferior e posterior direita e região occipitoparietal, precuneus, lingual, giros fusiformes e cerebelo) foram ativadas durante o reconhecimento de estímulos previamente associados a contingências operantes.	Schlund e Cataldo (2005) Schlund e Cataldo (2007)
Investigar mecanismos neurais da fome e saciedade em crianças com peso normal antes e após refeições.	Neuroimagem antes e após as crianças se alimentarem.	Aumento da ativação de estímulos visuais alimentares na amígdala, córtex frontal e orbitofrontal medial na condição pré-refeição. Nenhuma região de interesse respondeu na condição pós-refeição. Evidências de habituação a estímulos alimentares na amígdala durante a sessão pré-refeição.	Holsen et al. (2005)
Investigar bases celulares e dos circuitos da dependência de drogas, comparando os estudos celulares em modelos animais: administração e busca pela droga.	Achados dos exames de neuroimagem em dependentes de drogas comparados a estudos com animais.	Dopamina é crítica para a recompensa e o início da dependência. Em estágio final, adaptações celulares nas projeções do córtex cingulado anterior e glutamatérgico orbitofrontal do núcleo accumbens. As adaptações celulares na inervação glutamatérgica pré-frontal do núcleo accumbens promovem maior busca da procura de drogas em dependentes, diminuindo o valor das recompensas naturais, diminuindo o controle e aumentando o impulso glutamatérgico em resposta a estímulos associados a drogas.	Kalivas e Volkow (2005)
Investigar atividade cerebral no centro de recompensa ou de dor no cérebro de mulheres com resposta de luto (RL) complicado e RL não complicado.	Fotos do ente falecido e de pessoa neutra; palavras de sofrimento e palavras neutras: neuroimagem durante evocação das RL.	Mulheres com luto complicado (CG) e luto não complicado (NCG) mostraram atividade neural relacionada à dor. Apenas aquelas com luto complicado apresentaram atividade relacionada à recompensa no núcleo accumbens (NA).	O'Connor et al. (2008)

estímulos e registrar os dados. Os participantes responderam pressionando a barra de espaço no teclado de um computador conectado a outro computador de mesa. Antes da neuroimagem, os participantes foram expostos a três conjuntos de estímulos que consistiam em nove letras gregas (α , Π , Σ , Ω , μ , λ , δ , β , Ω), aproximadamente 7,6 cm por 7,6 cm de tamanho. Os estímulos utilizados durante o treino discriminativo e os de controle foram aleatoriamente designados e contrabalançados entre os participantes. As instruções estavam impressas na tela do computador:

Na sua frente, há uma barra de espaço. Pressionar a barra de espaço, às vezes gera dinheiro. Cabe a você aprender quando é melhor pressionar e não pressionar. Ganhe o máximo de dinheiro possível. O computador sinalizará sempre que você ganhar dinheiro. Preste atenção aos estímulos que você vê, porque verá esses mesmos estímulos mais tarde durante a geração de imagens. (pp. 507-508).

No primeiro conjunto de estímulos discriminativos, o reforço (dinheiro) foi entregue após pressão a barra em um esquema de reforçamento positivo de razão variável (VR 3). Na presença dos estímulos de um segundo conjunto, a contingência era mantida até que o participante se abstinhasse de pressionar a barra. Após a aquisição das discriminações, os participantes foram instruídos a memorizar um terceiro conjunto de estímulos de controle não associados às contingências. Após o treinamento, a IRMF foi realizada enquanto os participantes observavam estímulos discriminativos e os de controle que eram apresentados individualmente, por cada tentativa, com apresentações ocorrendo, em média, a cada 6 seg. Foi encontrada ativação nas regiões cerebrais frontal e estriatal de ambos os conjuntos de estímulos discriminativos em relação aos estímulos de controle. Além disso, análises destacaram diferenças de ativação entre os estímulos discriminativos. Os resultados demonstram a utilidade das tecnologias de acoplamento operante e de imagem para investigar os substratos neurais da aprendizagem. Estudos de imagem sobre o processo de reforço em seres humanos e neurofisiológicos em não humanos destacam o papel das regiões frontal, estriatal e talâmica na aprendizagem operante (Schlund & Cataldo, 2005).

Para investigar a neuroimagem humana na memória de reconhecimento, tem sido empregado instruções verbais no sentido de direcionar a atenção do sujeito a um dado

atributo do estímulo. No estudo de Schlund e Cataldo (2007), 15 pessoas adultas serviram como participantes sendo expostas a três conjuntos de estímulos diferentes, antes da neuroimagem funcional, IRMF. Um conjunto de estímulos foram usados, associados a instruções que enfatizavam a memorização dos estímulos pelos participantes. Por outro lado, dois outros conjuntos de estímulos adicionais foi empregado diante de uma tarefa operacional GO / NO-GO, na qual as contingências marcaram a resposta apropriada de GO e NO-GO. Durante a IRMF os sujeitos completaram duas tarefas de reconhecimento. Uma requeria visualização passiva de estímulos. A segunda tarefa exigia reconhecer se um estímulo apresentado era um estímulo GO / NO-GO ou um estímulo novo.

Os resultados demonstraram que um conjunto similar de regiões cerebrais foi ativado durante o reconhecimento de estímulos previamente associados a contingências operantes, isto é, estímulos discriminativos, independentemente dos métodos, incluindo córtex pré-frontal dorsolateral e ventrolateral, regiões parietais, inferior e posterior direita e região occipitoparietal, precuneus, lingual, giros fusiformes e cerebelo. Foi demonstrado que a magnitude da resposta funcional na região occipitoparietal foi inversamente correlacionada com os tempos de reação (TRs), de modo que a maior resposta funcional e os TRs mais lentos ocorreram aos estímulos discriminativos instruídos e a menor resposta funcional e os TRs mais rápidos ocorreram aos estímulos GO, com efeitos aos estímulos NO-GO intermediários. Do mesmo modo, a relação inversa também estava presente no para-hipocampo e no hipocampo. O reconhecimento de estímulos previamente associados a estímulos discriminativos geralmente recrutava regiões frontal e occipitoparietal inferiores semelhantes e córtex parietal posterior direito, com a região occipitoparietal direita mostrando o maior efeito. Esses achados sugerem que os processos de memória estão envolvidos no comportamento operante humano (Schlund & Cataldo, 2007).

Para estudar os mecanismos neurais de fome e saciedade em crianças, Holsen et al. (2005) submetem nove crianças com peso normal a IRMF antes e depois de se alimentarem. A ordem das sessões, pré-refeição (n = 5) e pós-refeição (n = 4), foi contrabalançada entre os participantes. Os resultados mostraram o aumento da ativação de estímulos visuais alimentares na amígdala, córtex frontal e orbitofrontal medial na condição pré-refeição; nenhuma região de interesse respondeu na condição pós-refeição; evidências de habituação a estímulos alimentares na amígdala durante a sessão pré-refeição. Esses

achados fornecem evidências de que padrões normais de atividade neural relacionados à motivação alimentar se iniciam na infância.

Kalivas e Volkow (2005) exploraram os avanços da neurociência para o entendimento das bases celulares e dos circuitos da dependência a drogas, bem como descreveram os novos alvos farmacoterapêuticos emergentes desse entendimento. Os resultados da neuroimagem de dependentes são integrados a estudos celulares em modelos animais. Embora a dopamina seja crítica para a recompensa e o início da dependência que, em estágio final, resulta em adaptações celulares nas projeções do córtex cingulado anterior e glutamatérgico orbitofrontal do núcleo accumbens. A plasticidade fisiopatológica na transmissão excitatória reduz a capacidade do córtex pré-frontal de iniciar comportamentos em resposta a recompensas biológicas e de fornecer controle executivo sobre a busca por drogas. Simultaneamente, o córtex pré-frontal é hiper-responsivo a estímulos como drogas, resultando em um impulso glutamatérgico supra-fisiológico no núcleo accumbens, onde as sinapses excitatórias têm uma capacidade reduzida de regular a neurotransmissão. As adaptações celulares na inervação glutamatérgica pré-frontal do núcleo accumbens promovem maior busca da procura de drogas em dependentes, diminuindo o valor das recompensas naturais, diminuindo o controle e aumentando o impulso glutamatérgico em resposta a estímulos associados a drogas (Kalivas & Volkow, 2005).

Por sua vez, O'Connor et al. (2008), utilizando a neuroimagem, apontaram que pensar e lembrar o ente querido ativava o núcleo accumbens, área relacionada ao processo de reforçamento. Em seu estudo, as respostas de luto em mulheres que perderam a mãe/irmã em função de câncer de mama e que apresentavam risco de sofrerem deste tipo de câncer foram investigadas. As participantes foram expostas a dois conjuntos de estímulos: a) slides com fotos do ente falecido e de pessoa desconhecida e b) slides com palavras relacionadas ao sofrimento e neutras, em um scanner Siemens Allegra 3T. Os resultados demonstraram que, o núcleo accumbens, centro de recompensa do cérebro, era a região mais ativa em resposta às palavras relacionadas ao luto-sofrimento do que às palavras neutras. Os autores concluíram que as pessoas que pensavam e lembravam o ente querido em alta frequência tinham resposta cerebral diferente daquelas que sofriam, mas pensavam menos no ente querido.

Destaca-se a importância de os analistas do comportamento participarem de experimentos

que envolvam as atividades neurais. Analistas do comportamento que se interessem pelos estudos em neurociência podem focar o comportamento individual em tempo real e contribuir com sua experiência prática ao desenvolvimento de pesquisas comprometidas com os rigores da ciência empírica nestas duas importantes áreas.

Fenômenos comportamentais e neurofisiológicos na evitação social

De acordo com Harper, Iwata e Camp (2013), o estudo do comportamento da pessoa que evita interação social é importante, uma vez que as situações sociais são onipresentes. A interação social é um componente essencial a vários domínios de comportamento adaptativo. Indivíduos que se envolvem em comportamento social têm meios de obter reforços que de outra forma estariam indisponíveis. Ressalta-se a importância da interação social como base para a integração em comunidade.

Harper et al. (2013) sugerem influência da interação social como uma OM para problemas comportamentais. Sugerem também, uma relação entre atenção social e comportamento de medo em ser avaliado pelo outro em grupos de indivíduos que exibem comportamentos de fuga de ambiente social. Indivíduos com este tipo de problema raramente inicia ou mantém interações sociais e podem estar envolvidos em outros tipos de problemas comportamentais.

Isso exposto, cumpre citar a dissertação de mestrado de Marques (2003) para a qual a primeira autora cumpriu a função de orientadora. Marques (2003) comparou a efetividade do tratamento dos estados emocionais e do comportamento de evitação social por meio de técnicas de interlocução verbal e das técnicas de neuroimagem com a identificação das bases neuroanatômicas, com a possível participação do hipocampo e do núcleo caudado. A participante de 42 anos, divorciada, possuía curso superior completo e apresentava comportamentos de evitação intensa, elevado déficit de habilidades sociais e não fazia uso de medicamentos. Os comportamentos de evitação social selecionados para intervenção foram: 1) iniciar ou manter contato olho a olho; 2) frequentar festas ou eventos sociais; 3) conversar com superiores e 4) falar em público.

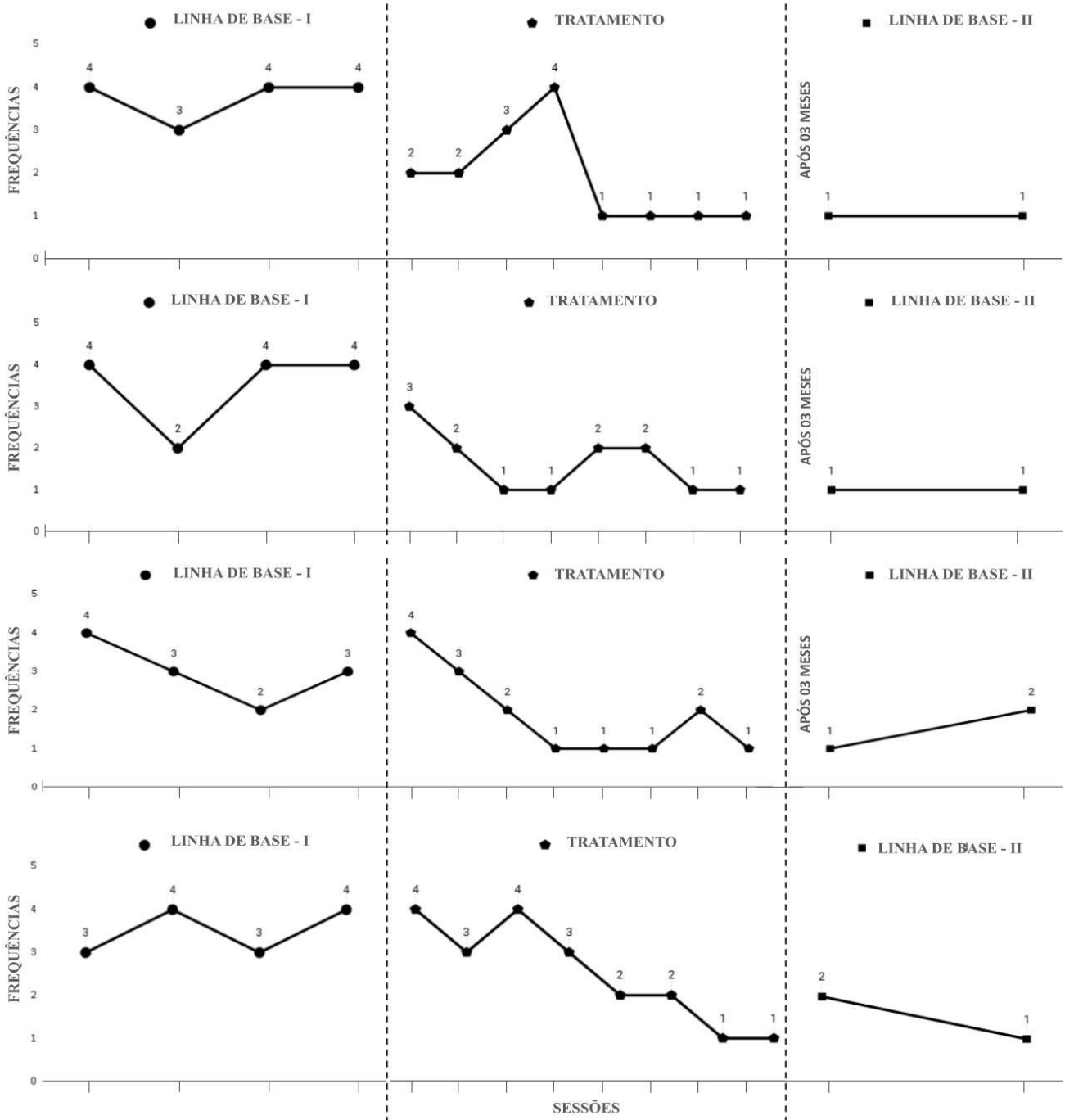
O controle dos procedimentos foi obtido por meio do delineamento de reversão do tipo ABA, onde A refere-se a fase de linha de base I, e B à fase de tratamento, na qual foi iniciada a estratégia de intervenção, seguida por outra fase de linha de base II (A). Nas sessões de tratamento foram empregados reforçamento diferencial de

comportamento alternativo combinado com a extinção. Os resultados mostraram mudanças comportamentais, bem como na fisiologia, especialmente no núcleo caudado e lóbulo

frontal o que indica que a intervenção terapêutica gerou mudanças comportamentais e alterações neurofisiológicas, como evidenciam as Figuras 1, 2 e 3.

Figura 1

Frequência de relatos sobre o grau de ansiedade das quatro classes comportamentais que sofreram intervenção nas três fases do delineamento



Legenda
 1 - Pouca
 2 - Moderada
 3 - Elevada
 4 - Extrema

Os dados da Figura 1 apontam que na primeira fase de linha de base os relatos sobre o grau de ansiedade elevada e extrema foram frequentes. Constata-se diminuição destes graus durante a intervenção, o que se manteve na fase de linha de base II. Os dados mostraram que o DRA combinado com a EXT foram eficazes para diminuir os comportamentos mantidos por

evitações sociais, se comparados as frequências da linha de base I.

As Figura 2 e 3 apresentam os resultados da participante por meio de técnicas de imagem durante a linha de base I, fase de tratamento e linha de base II.

Figura 2

Foto do SPECT do cérebro da participante

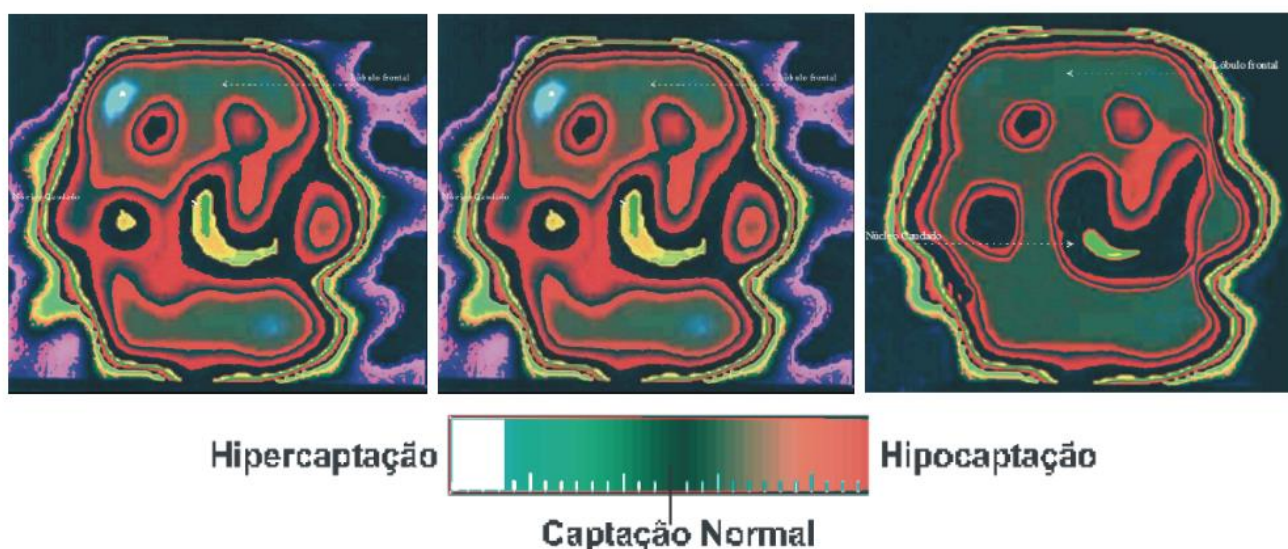
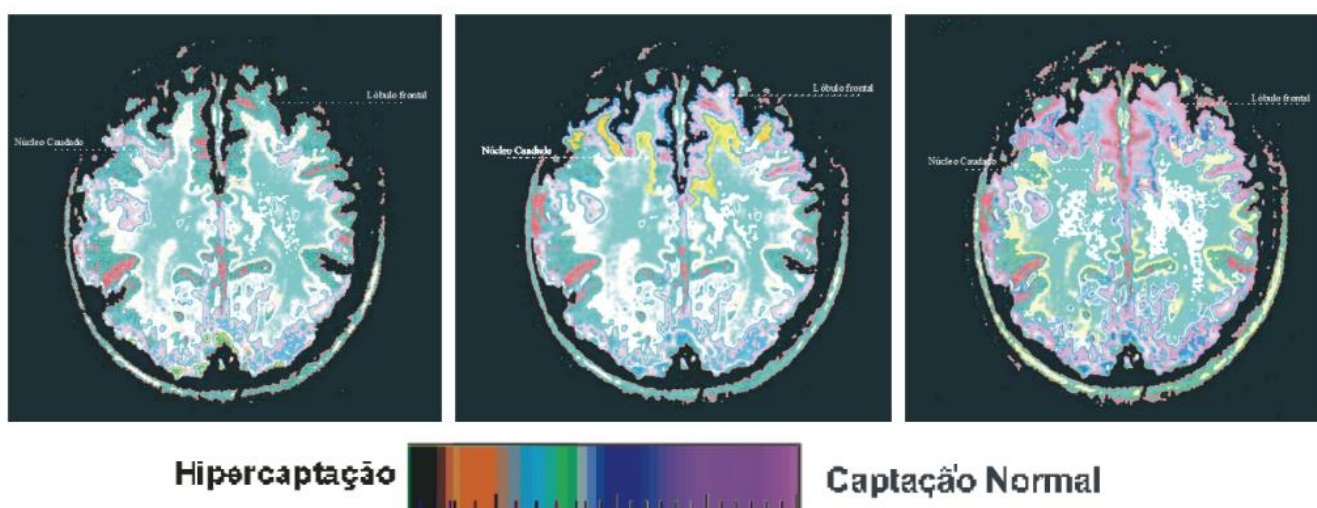


Figura 3

Foto do PET-Scan do cérebro da participante



Os dados das Figuras 2 e 3 revelam alterações no lóbulo frontal e no núcleo caudado. Esses achados indicam que a intervenção terapêutica, além de modificar os estados emocionais e o comportamento de evitação a ambientes sociais da participante também

provocou mudanças cerebrais. Argumenta-se que os estados emocionais são eventos fisiológicos produzidos por pareamento de estímulos, bem como os estímulos incondicionados; dependendo da intensidade da estimulação aversiva há potencialidade para amedrontar, perturbar, etc.,

e ainda ocorrências de paralizações. Estados emocionais podem servir a funções discriminativas que, para certas pessoas, as levam a emitir relatos como “vivo ansioso, tenho medo de gente” como nome daquilo que é tradicionalmente classificado como “sintoma” de ansiedade social.

Do exposto, é possível concluir que a investigação neurocientífica se beneficia da experiência científica do analista do comportamento, ainda que o campo da neurociência comportamental seja amplo e com limites indefinidos. Uma vez elucidadas as dificuldades conceituais no laboratório e na clínica no desenvolvimento futuro dessas duas disciplinas – Neurociência e Análise do Comportamento – uma pode contribuir para o avanço da outra, circunstância favorável para preencher a lacuna espacial preconizada por B. F. Skinner.

Sugere-se a implementação de tecnologias com o uso de neuroimagens como a PET-Scan, SPECT que permitem analisar atividades cerebrais

correlacionadas a mudanças comportamentais, ou a de ressonância magnética como a IRMf para a visualização de eventos no cérebro concomitantes ao desempenho comportamental, em tempo real; Tais tecnologias devem ser usadas e exploradas para o avanço de pesquisas experimentais nestas duas áreas.

A medida e o registro de tais eventos cerebrais oferece um novo conjunto de variáveis dependentes em relação às variáveis independentes. A tecnologia da imagem cerebral acoplada aos métodos comportamentais requer que o analista do comportamento junte forças com os neurocientistas, inclusive aqueles que estudam o comportamento de uma perspectiva cognitiva para investigarem problemas de pesquisa que permitam a evolução das terminologias e conceitos (Mechner, 2008). Talvez, quem sabe, ver desaparecer gradualmente o uso de termos metafísicos como mente, doença mental etc., e sua substituição por termos, conceitos novos e válidos cientificamente.

Referências

- Blakemore, C. (2000). Achievements and challenges of the decade of brain. *EuroBrain*, 2(1), 1-4. Recuperado de <http://EuroBrain.ci.nii.ac.jp>, ID10018257352.
- Bennett, M. R., & Hacker, P. M. S. (2003). *Philosophical foundations of neuroscience*. Malden, MA: Blackwell.
- Cohen-Cory, S. (2002). The developing synapse: Construction and modulation of synaptic structures and circuits. *Science*, 298, 770-776. DOI: 10.1126/science.1075510
- Corchs, F. (2010). É possível ser um psiquiatra behaviorista radical? Primeiras reflexões. *Perspectivas em Análise do Comportamento*, 7(1), 55-66. DOI: <https://doi.org/10.18761/perspectivas.v1i1.25>
- Donahoe, J. W. (1996). On the relation between behavior analysis and biology. *The Behavior Analyst*, 19, 71-73. DOI: 10.1007/BF03392740
- Donahoe, J. W. (2017). Behavior analysis and neuroscience: Complementary disciplines. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 107, 301-320. DOI:10.1002/jeab.251
- Donahoe, J. W., & Palmer, D. C. (1994). *Learning and complex behavior*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Eisenberger, N. I., Lieberman, M. D., & Williams, K. D. (2003). Does rejection hurt? In fMRI study of social exclusion. *Science*, 302, 290-292. DOI: 10.1126/science.1089134.
- Fonseca Júnior, A. R., & Hunziker, M. H. L. (2016). Contribuições das neurociências para o estudo do comportamento discriminativo. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 32(2), 1-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-3772e32222>
- Harper, J. M., Iwata, B. A. & Camp, E. M. (2013). Assessment and treatment of social avoidance. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 46(1), 147-160. DOI: [org/10.1002/jaba.18](http://dx.doi.org/10.1002/jaba.18)
- Holsen, L. M., Zarcone, J. R., Thompson, T. I., Brooks, W. M., Anderson, M. F., Ahluwalia, J. S., Nollen, N. L. & C. R. Savaglia (2005). Neural mechanisms underlying food motivation in children and adolescents. *Neuroimage*, 27(3), 669-676. DOI: [org/10.1016/j.neuroimage.2005.04.043](http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.04.043)
- Kalivas, P. W., & Volkow, N. D. (2005). The neural basis of addiction: A pathology of motivation and choice. *American Journal of Psychiatry*, 162, 1403-1411. DOI: <https://ajp.psychiatryonline.org/doi/pdf/10.1176/appi.ajp.162.8.1403>.
- Kennedy, C. H., Caruso, M., & Thompson, T. (2001). Experimental analyses of gene-brain-behavior relations: Some notes on their application. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 34(4), 539-549. DOI: [org/10.1901/jeab.2001.34-539](http://dx.doi.org/10.1901/jeab.2001.34-539)
- Marques, V. A. A. (2003). *Intervenção comportamental e mudanças orgânicas observadas pela tomografia computadorizada, por emissão de fóton único e pósitrons, em pessoa que evita eventos sociais*. [Dissertação de mestrado não publicada]. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás.
- Mechner, F. (2008). An invitation to behavior analysts: Review of in search of memory: The emergence of a new science of mind by Eric R. Kandel. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 90(2), 235-248. DOI: [org/10.1901/jeab.2008.90-235](http://dx.doi.org/10.1901/jeab.2008.90-235)
- Moore, J. (2001). On psychological terms that appeal to the mental. *Behavior and Philosophy*, 29, 167-186. https://www.researchgate.net/profile/Jay_Moore5/publication/255587413.
- Moore, J. (2002). Some thoughts on the relation between behavior analysis and behavioral neuroscience. *The Psychological Record*, 52(3), 261-279.
- Nicollelis, M. A. L., & Chapin, J. K. (2004). Controlling robots with the mind. *Scientific American*, 287, 24-31. (Trabalho original publicado em 2002).
- Noë, A. (2009). *Out of our heads: Why you are not your brain, and other lessons from the biology of consciousness*. New York, NY: Hill & Wang.
- O'Connor, M. F., Wellisch, D. K., Stanton, A. L., Eisenberger, N. I., Irwin, M. R., & Lieberman, M. D. (2008). Craving love? Enduring grief activates brain's reward center. *Neuroimage*, 42(2), 969-972. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.04.256>

- Schaal, D. W. (2003). Explanatory reductionism in behavior analysis. In K. A. Lattal & P. N. Chase (Orgs.), *Behavior theory and philosophy* (pp. 83-102). New York, NY: Kluwer Academic.
- Schaal, D. W. (2005). Naming our concerns about neuroscience: A review of Bennett and Hacker's philosophical foundations of neuroscience. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *84*(3), 683-692. DOI: <https://doi.org/10.1901/jeab.2005.83-05>
- Schaal, D. W. (2013). Behavioral neuroscience. In G. J. Madden, W. V. Dube, T. D. Hackenberg, G. P. Hanley & K. A. Lattal (Orgs.), *APA Handbook of Behavior Analysis* (vol. 1, pp. 339-358). Washington: APA Handbook in Psychology.
- Schlund, M. W., & Cataldo, M. F. (2005). Integrating functional neuroimaging and human operant research: Brain activation correlated with presentation of discriminative stimuli. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *84*(3), 505-519. DOI: <https://doi.org/10.1901/jeab.2005.83-05>
- Schlund, M. W., & Cataldo, M. F. (2007). Occipitoparietal contributions to recognition memory: stimulus encoding prompted by verbal instructions and operant contingencies. *Behavioral and Brain Functions*, *44*(3), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1186/1744-9081-3-44>.
- Skinner, B. F. (1938). *Behavior of organisms*. New York: Appleton and Company.
- Skinner, B. F. (1945). The operational analysis of psychological terms. *Psychological Review*, *52*, 270-294. DOI: [org/10.1037/h0062535](https://doi.org/10.1037/h0062535)
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Macmillan.
- Skinner, B. F. (1956). What is psychotic behavior? In B. F. Skinner, *Cumulative record: A selection of papers* (pp. 202-219). New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1969). *Contingencies of reinforcement: A theoretical analysis*. New York: Appleton-Century Crofts.
- Skinner, B. F. (1974). *About behaviorism*. New York: Alfred A. Knopf.
- Smith, N. W. (2007). Events and constructs. *The Psychological Record*, *57*, 169-186. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03395570>
- Starling, R. R. (2000). A interface comportamento/ neurofisiologia numa perspectiva behaviorista radical: o relógio causa as horas? Em Kerbauy, R.R. (Org.), *Sobre Comportamento e Cognição* (Vol. 5, p. 3-15). Santo André: ESETec.
- Thompson, T. (2007). Relations among functional systems in behavior analysis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *87*, 423-440. DOI: [org/10.1901/jeab.2007.21-06](https://doi.org/10.1901/jeab.2007.21-06).
- Thompson, T. (2013). Translational applied behavior analysis and neuroscience. In G. J. Madden, W. V. Dube, T. D. Hackenberg, G. P. Hanley & K. A. Lattal (Orgs.), *APA Handbook of Behavior Analysis* (vol. 2, pp. 33-45). Washington: APA Handbook in Psychology.
- Timberlake, W., Schaal, D. W., & Steinmetz, J. E. (2005). Relating behavior and neuroscience: introduction and synopsis. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *84*(3), 305-311. DOI: [10.1901/jeab.2005.99-05](https://doi.org/10.1901/jeab.2005.99-05)
- Zilio, D. (2013). *Análise do comportamento e neurociências: Em busca de uma possível síntese* (Unpublished doctoral dissertation). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Zilio, D. (2015). Sobre as críticas de Skinner a fisiologia: Indicadores de orientação antifisiológica ou contribuição relevante? *Acta Comportamental*, *23*(4), 465-482. Recuperado em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2745/274543456008>.

Recebido em 22/10/2020
 Primeira decisão Editorial 02/12/2020
 Aceite em 16/12/2020