



Revolução cognitiva e processamento de informação sessenta anos depois: retrospectiva e tendências

Cognitive revolution and information processing sixty years later: retrospective and trends

Ederaldo José Lopes
Joaquim Carlos Rossini
Renata Ferrarez Fernandes Lopes
Universidade Federal de Uberlândia

William Barbosa Gomes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Iray Carone
Universidade de São Paulo
Brasil

Resumo

A Revolução Cognitiva em psicologia foi um movimento que eclodiu na década de 1950, dando origem ao que ficou conhecido como abordagem ou paradigma do processamento de informação. Comemorando os sessenta anos desse movimento, este artigo visa discutir os desenvolvimentos históricos e epistemológicos da suposta revolução, sobretudo o uso indiscriminado das expressões kuhnianas, sobejamente empregadas como uma das justificativas para o aparecimento do processamento da informação. Ao mesmo tempo, apresenta dois tópicos de pesquisas na área cognitiva, a atenção e memória, com alguns exemplos de continuidade das pesquisas com base experimental, uma tendência que continua forte desde aquela época, bem como exemplos de estudos que representam uma aliança produtiva da psicologia cognitiva com os avanços neurocientíficos. Como conclusão, o movimento, embora criticado na sua pretensão revolucionária e paradigmática, continua tendo grande valor heurístico na sua dimensão experimental, assim como nas alianças com as neurociências ou outras áreas das ciências cognitivas.

Palavras-chave: revolução científica; processamento de informação; atenção; memória; neurociências

Abstract

Cognitive Revolution refers to a movement that broke out in the 1950s, giving rise to the so-called information processing approach or paradigm. Celebrating sixty years of this movement, this article discusses the historical and epistemological developments of the supposed revolution, especially the indiscriminate use of Kuhn's expressions, widely used as one of the reasons for the appearance of information processing. At the same time, we present two topics of research in the cognitive area, attention and memory, with some examples of continuing research on experimental basis, a trend that has been strong since the beginning, as well as examples of studies that represent a productive alliance between Cognitive Psychology and the neuroscientific advances. In conclusion, the movement, although criticized for its revolutionary and paradigmatic claim, continues to



have great heuristic value in its experimental dimension as well as in alliances with the neurosciences and other areas of the cognitive sciences.

Keywords: scientific revolution; information processing; attention; memory; neurosciences

Introdução

No ano de 2016, comemoramos 60 anos de um movimento científico na Psicologia que ficou conhecido como Revolução Cognitiva (Baars, 1986; Gardner, 1995; Lopes & Lopes, 2009, Mandler, 2007; Miller, 2003). Como parte dessa comemoração, nosso objetivo foi construir uma revisão narrativa (Cordeiro, Oliveira, Rentería, Guimarães, & GERS-Rio, 2007), de caráter crítico sobre o movimento, e de suas tendências no século XXI. Para isso, foram utilizados textos julgados como mais significativos do ponto de vista histórico. Trata-se de avaliar uma abordagem ampla (“paradigma”), vista de forma retrospectiva, a partir de textos mais gerais sobre o assunto, que aparecem de tempos em tempos, sem a pretensão de sermos exaustivos nem elaboradores de uma revisão sistemática. Além disso, tomamos duas grandes áreas, a da atenção e da memória, com alguns exemplos de pesquisas produzidas, que apontam para a influência das neurociências nos estudos cognitivos experimentais.

O movimento cognitivista, ou processamento de informação (PI), retomou a mente como objeto de estudo, manteve a experimentação como seu método por excelência e abriu espaço para a influência de modelos de mente e métodos de pesquisa, inspirados na computação e na neurociência (Crowther-Heyck, 1999; Gardner, 1995; Lopes, Lopes & Rodrigues, 2000).

Entre 1951 e 1962, a "mente" reentrou no vocabulário da psicologia experimental. Foi reintroduzido por um grupo de psicólogos opostos à filosofia behaviorista reinante. Este grupo procurou redefinir a psicologia experimental, e teve grande sucesso. Toda uma constelação de teorias, práticas experimentais e descobertas canônicas que tinham sido formatadas pela filosofia behaviorista da psicologia foi substituída por uma baseada em uma filosofia “cognitivista” (Crowther-Heyck, 1999, p. 37).

Se o “New Look” pode ser classificado como uma mudança paradigmática e uma revolução cognitiva *à la* Kuhn (1962/2009)¹, é questão aberta ao debate (Carone, 2003; Lopes & Lopes, 2009; O’Donohue, Ferguson & Naugle, 2003). Ademais, parte desse problema origina-se no fato de que tem havido uma inflação do uso do termo paradigma aplicado à Psicologia, inflação esta que pode estar subjacente às dificuldades em se aceitar a cientificidade da Psicologia.

¹ De acordo com Carone (2012), em vista das dificuldades encontradas na teoria da ciência expressa em *A estrutura das revoluções científicas*, Kuhn reformulou diversos conceitos, entre os quais o de *paradigma*, que foi substituído por *matriz disciplinar* no final da década de 1970 e por *léxico taxonômico*, na década de 1990.



Atuando no contra-ataque às filosofias das ciências positivistas e neopositivistas, que sempre a consideraram como um conhecimento pré-científico, a Psicologia tentou encontrar na ideia de paradigma uma expressão feliz de sua cientificidade, transformando em “riqueza de conhecimentos” a multiplicidade de suas teorias e das práticas clínicas divergentes (Carone, 2003, p. 13).

Por outro lado, uma visão historiográfica mostra que a psicologia cognitiva pode ser uma retomada de questões tratadas na Psicologia nos seus primórdios, o que também ajuda a desconstruir a ideia de revolução. Assim, a discussão kuhniana dá lugar para pensar que movimentos na história da psicologia podem aparecer e reaparecer com nova roupagem, numa rota circular e não linear, e entre um movimento e outro acaba ocorrendo a manutenção de alguma semelhança entre passado e presente. No caso do processamento da informação, o que se mantém do movimento behaviorista é a aliança com o método experimental, porém utilizando-se o tempo de reação como variável dependente principal (Galera & Lopes, 1995; Luce, 1986; Proctor & Schneider, 2018). Ainda nessa direção, Greenwood (1999) aponta para um caminho interpretativo da Revolução Cognitiva como uma descontinuidade teórica entre o Behaviorismo e a Psicologia Cognitiva:

Neste artigo, eu forneço uma caracterização de um episódio histórico recente que acredito ter sido muito mal compreendido: a assim chamada “revolução cognitiva” na psicologia. Embora seja uma questão de debate se houve uma genuína “revolução” no sentido usual em que este termo é empregado na história da ciência (a derrubada dramática e substituição de teorias e métodos anteriores), creio que é importante reconhecer que o advento das teorias cognitivas na década de 1950 marcou uma descontinuidade teórica bastante radical, e precisamente o tipo de descontinuidade teórica que é característica de muitos episódios revolucionários na história da ciência (p. 1).

O que ocorreu, pois, nessa descontinuidade, foi uma mudança de concepção no sentido de que os (neo) behavioristas começaram a aceitar o uso de constructos hipotéticos e essa aceitação abriu caminho para as teorias cognitivistas.

Em consequência, talvez seja natural e tentador ver o movimento do behaviorismo para a psicologia cognitiva como uma liberalização progressiva das atitudes em relação às teorias, particularmente as teorias que postulam estados internos intersubjetivamente inobserváveis. Nessa visão cada vez mais popular, a psicologia cognitiva é caracterizada como tendo surgido ou evoluído continuamente a partir de formas mais liberalizadas de neobehaviorismo, o que permitiu a introdução de “variáveis internas”, tais como conexões r-s “internas” ou “mediadoras”, desde que estas foram definidas operacionalmente (Greenwood, 1999, p. 5).



Greenwood (1999) faz ainda uma série de considerações sobre o fato de que a psicologia cognitiva é uma espécie de reinvenção ou continuidade de uma tradição cognitiva que se iniciou com a morte da psicologia estruturalista de Wundt e Titchener. De 1920 a 1940, os psicólogos desenvolveram tópicos típicos do que viria ser a psicologia cognitiva contemporânea, tais como resolução de problemas, raciocínio geral, formação de conceitos, etc. Além disso, ele reconhece influências da psicologia da Gestalt e da teoria psicanalítica, e as contribuições dos psicólogos sociais e do desenvolvimento que estavam preocupados com o estudo de atitudes, dissonância cognitiva, memória episódica, etc.

No mesmo sentido, Mandler (2002) apresentou quatro razões para o ressurgimento da psicologia cognitiva: (1) o fracasso de parte do programa de Watson, que contribuiu para o insucesso do behaviorismo e sua substituição; (2) o uso inapropriado do termo “revolução”; (3) o fato de que os dogmas behavioristas contra os quais a suposta revolução se insurgiu estavam confinados aos Estados Unidos, enquanto em países como Alemanha, França, Inglaterra e Canadá vigorava uma psicologia estruturalista, cognitiva e funcionalista; (4) o fato de que o behaviorismo não foi bruscamente substituído pela psicologia cognitiva, mas sua queda se deveu às dificuldades teóricas em lidar com temas como pensamento, ação e memória em particular. Não houve cataclismos para a erupção de uma nova onda surgida de um movimento revolucionário. Como uma espiral, velhos tópicos reaparecem com novas roupagens.

Eu encerro com um lembrete de que a psicologia, assim como muitos outros empreendimentos intelectuais, está de acordo com a visão de Hegel da espiral do pensamento, com tópicos recorrentes repetidamente na história de uma disciplina, muitas vezes em um nível mais sofisticado ou desenvolvido. O advento do conexionismo já mostrou um retorno do associacionismo no vestuário moderno. Na virada do século, estamos no meio de uma preocupação com a redução neurofisiológica, uma preocupação que a psicologia já havia exibido em um ciclo periódico de cerca de 40-50 anos (Mandler, 2002, p. 351).

Com relação ao item (1), Mandler (2002) argumenta que o fracasso do programa de Watson deu-se pela adoção de uma abordagem que unia a psicologia humana à psicologia animal, não havendo, portanto, uma divisão entre essas psicologias. Essa unificação impediu que a psicologia investigasse temas sofisticados como solução de problemas, memória e linguagem. A ênfase na pesquisa animal foi pervasiva e, com exceção de Tolman (1948), que tratou de “mapas cognitivos” e de Skinner (1995), com uma abordagem mais funcionalista do comportamento, a abordagem introduzida por Watson pode ser observada nas publicações subsequentes a sua proposta inicial. Mandler (2002) apresenta uma tabela com as publicações de artigos no *Journal of Experimental Psychology* desde 1917 a 1977, na qual os artigos com sujeitos não-humanos evoluíram de 0% em 1917, passando para 30% em 1947, caindo novamente para 10% em 1977. Ademais, durante o período behaviorista, as



publicações sobre questões humanas eram mais difíceis e circunscritas a temas ligados a “clustering” (p. ex., estudos sobre formação de categorias na memória).

Em relação ao uso inapropriado do termo revolução (item 2), pode-se dizer que o movimento cognitivista veio suprir lacunas em áreas de pesquisa negligenciadas durante a hegemonia do behaviorismo, tais como recordação livre nos estudos de memória e solução de problemas. O movimento não ocorreu de forma brusca ou violenta, nem foi um ataque às pesquisas com animais não humanos (Mandler, 2002). Como outros autores (p. ex., Lopes & Lopes, 2009; O’Donohue e outros, 2003) já argumentaram, sob as principais ópticas da filosofia da ciência, não há que se falar que o movimento cognitivista suplantou o movimento behaviorista, ou mesmo outro movimento qualquer da psicologia. Eles conviveram na década de 1950 e continuam a conviver até os dias atuais. Também nessa direção, parece-nos plausível dizer que o uso inflacionado do termo paradigma na psicologia (Carone, 2003) pode ser estendido ao uso do termo revolução por sua íntima ligação com paradigma numa perspectiva kuhniana.

O item (3) fala mais diretamente sobre dificuldades próprias de uma psicologia não unificada. Enquanto o behaviorismo reinava nos Estados Unidos, havia, concomitantemente, uma plethora de outras psicologias pelo mundo. De forma resumida, pode-se dizer que na Alemanha, além dos feitos da Escola de Würzburg, o surgimento da psicologia da Gestalt deu um salto importante nos estudos sobre raciocínio e resolução de problemas. Em países francofônicos (principalmente, na França e Suíça), a psicologia do desenvolvimento teve um salto importante, sobretudo com os trabalhos de Jean Piaget. Além disso, digno de nota foi o trabalho sobre inteligência desenvolvido por Alfred Binet. Porém, de acordo com Mandler (2002), os desenvolvimentos de estudos cognitivos mais expressivos ocorreram na Inglaterra, em boa parte, devidos aos trabalhos de Frederic Bartlett (Bartlett, 1932) e Kenneth Craik (Craik, 1943). Numa tradição mais aplicada, a psicologia cognitiva britânica evoluiu muito com a criação da Unidade de Psicologia Aplicada de Cambridge (APU), dirigida inicialmente por Craik e posteriormente por outros expoentes como Bartlett, Mackworth e Broadbent.

Finalmente, o item (4) aponta para o fato de que o movimento cognitivista foi sendo construído ao longo da história da psicologia, retomando temas da década de 1920 em diante. Os temas “esquecidos” pelo behaviorismo começaram vir à tona por volta dos anos de 1950, e o movimento cognitivista não apareceu de forma brusca. Daí não se falar em revolução, mas na construção ou retomada da mente na psicologia, passo a passo, sob diversas influências, sobretudo da invenção da máquina de Turing e da noção a ela associada de computação. O que foi rápido e intenso na revolução ocorreu no período entre 1955 e 1960, com diversos congressos e seminários nos Estados Unidos, que trouxeram à tona temas clássicos da psicologia, tais como memória, linguagem e resolução de problemas (Mandler, 2007). Alguns autores (p. ex., O’Donohue e outros, 2003) falam que o movimento cognitivista



logrou êxito pelo forte apelo retórico presente nessa verdadeira nova onda de descobertas sob o manto da interdisciplinaridade.

Desse modo, pode-se dizer que o movimento cognitivista constituiu-se numa abordagem frutífera dos processos psicológicos. Proctor e Vu (2006) fizeram um levantamento do impacto da abordagem do processamento de informação no indexador *PsycINFO* e constaram 3.899 entradas com a expressão *Information processing* no título. Em 2016, nós atualizamos esse levantamento com a mesma expressão e foram localizadas 6.693 entradas! Assim, a abordagem do PI conseguiu reunir diferentes perspectivas do estudo da mente, sendo também o embrião do empreendimento interdisciplinar intitulado Ciências Cognitivas.

Como um agrupamento de ideias utilizadas pelos pesquisadores de uma área, o PI abriu um leque de possibilidades de pesquisas nas mais diferentes áreas de compreensão da mente (Lopes, 2012), entre elas, a psicologia cognitiva experimental.

A revolução cognitiva caracteriza-se pela generalização da abordagem de processamento de informação humana à pesquisa psicológica e à teoria psicológicas (p. ex., Lachman, Lachman, & Butterfield, 1979). A ideia básica por trás dessa abordagem é que as teorias podem ser desenvolvidas, descrevendo, em níveis que vão desde planos mais altos até eventos neurais, a forma como as informações relativas a estímulos e respostas abertas são representadas e processadas por organismos humanos e não humanos. A abordagem utiliza uma gama de métodos comportamentais e psicofisiológicos específicos para avaliar a natureza dos códigos elementares, as operações que atuam sobre eles e modelos alternativos relativos à estrutura do sistema de processamento de informação e ao fluxo de informação através dele ao executar tarefas específicas (Proctor & Vu, 2006, p. 254).

Além das várias conexões teórico-metodológicas com outras áreas da ciência e da Filosofia, o PI tem inspirado a realização de pesquisas aplicadas a vários campos dos fatores humanos, especialmente nas áreas da interação homem-informação (Pirolli, 2007; Proctor & Vu, 2006), aviação (Wickens, 2007), psicologia clínica (Williams, Watts, MacLeod, & Mathews, 1997).

Pirolli (2007) apresenta-nos o campo da interação homem-informação, um campo que se desenvolveu, sobretudo, durante a Segunda Guerra Mundial, tendo sido originária da psicologia dos fatores humanos ou engenharia psicológica. Trata-se de um campo que inicialmente centrou-se no problema da informação, mas o aspecto do usuário tornou-se crucial na relação, visto que muitos sistemas computacionais complexos se desenvolveram desde 1950, trazendo vários problemas para os *designers* de equipamentos, dos quais, talvez, a psicologia da aviação tenha sido a maior ganhadora nesse processo. Mas a complexidade da internet, dos celulares e das aeronaves tem trazido importantes demandas cognitivas para as pessoas, ao mesmo tempo em que exige a formulação de novos modelos de cognição



humana no sentido de melhorar as relações homem-informação, sobretudo focando as questões do erro humano e suas consequências (Reason, 1990/2009).

No tópico específico da aviação, Wickens (2007) menciona o fato de que pilotar uma aeronave é um dos maiores desafios para as capacidades cognitivas humanas. Três aspectos devem ser levados em conta nessa tarefa, de acordo com a psicologia cognitiva: uma análise das diferentes tarefas que um piloto deve realizar; uma descrição das características físicas da aeronave e uma representação das estruturas de processamento de informação do piloto. As demandas impostas por uma tarefa tão complexa precisam ser abordadas do ponto de vista da intersecção entre esses três aspectos, sem os quais a tarefa de voar não seria feita de maneira tão precisa e segura. A compreensão de engenheiros sobre a máquina, a compreensão de psicólogos sobre o homem e a compreensão dos que integram os dois lados pôde oferecer possibilidades de construção de modelos de processamento de informação cada vez mais complexos, mas cada vez mais detalhados, permitindo que a interação homem-informação/computador pudesse ocorrer de forma a não impor fortes limitações às estruturas/funções cognitivas humanas (p.ex., a memória e a atenção), com implicações positivas para a *performance* humana.

No que tange à psicologia clínica, na mesma época em que se desenvolvia a psicologia cognitiva, um campo novo na terapia começava a fazer pontes entre os processos cognitivos e os aspectos emocionais de pacientes: a teoria/terapia cognitiva. Foi com Aaron Beck que princípios teóricos da psicanálise começaram a ser testados, sobretudo com pacientes deprimidos (Beck & Alford, 2000). Vista como “masoquismo” ou “necessidade de sofrer” na psicanálise, Beck remodelou a visão de depressão, descobrindo após estudos empíricos e observações clínicas, que ela caracterizava-se por uma profunda tendência impulsionada por pensamentos negativos e por uma visão de *self*, de contexto e de objetivos na que iam na mesma direção. Esses conteúdos (informações associadas a emoções) eram distorcidos, e tentativas de modificação desse padrão negativo foram feitas, resultando na avaliação e no desenvolvimento de estratégias terapêuticas cujo foco primordial tinha por base o pensamento. A história da terapia cognitiva é longa e não é nosso objetivo focalizá-la aqui, mas ainda cabe observar que um campo inteiro de pesquisas clínicas e experimentais desenvolveu-se no período que sucedeu a revolução cognitiva. Talvez o que haja de mais expressivo nas influências do processamento da informação sobre aspectos clínico-emocionais tenha sido relatado por Williams e outros (1997). Nesse livro, de forma mais aprofundada e direta, os autores apontam as diversas funções cognitivas (atenção, memória, processos conscientes e inconscientes) e sua relação com os processos emocionais, incluindo os psicopatológicos. Em resumo, pode-se dizer que se houve uma revolução cognitiva na psicologia experimental, essa revolução começou de forma concomitante na psicologia clínica.



Além dessas relações estabelecidas entre o PI e algumas áreas específicas, numa revisão de 50 anos do PI, Proctor e Vu (2006) exploraram as relações do PI com a psicologia evolutiva, a neurociência cognitiva, a cognição social, e as relações percepção-ação. Em termos da psicologia evolutiva, os autores basearam-se na ideia de que o cérebro humano fornece o suporte para os programas que processam informação. Esses programas poderiam ser reunidos sob o rótulo de mente e responderiam aos problemas adaptativos, tais como a cooperação entre amigos e a competição entre grupos. Entretanto, a ligação entre a abordagem evolutiva e o processamento de informação é criticada, principalmente porque o processamento de informação precisaria incluir em seu escopo níveis de análises mais específicos do ponto de vista biológico. Essa exigência não é atendida, em parte, porque o PI é uma abordagem/arcação geral da cognição. Talvez a proposição de modelos específicos dentro do PI, como ocorreu nos campos da memória e atenção, possa atender a esse requisito mais fino que uma análise biológica necessite.

No que tange à neurociência cognitiva, uma agenda de pesquisa desenvolveu-se no sentido de buscar os mecanismos neurais subjacentes ao funcionamento cognitivo. Isso certamente foi impulsionado pelo avanço tecnológico na área das imagens cerebrais. Essa aliança foi positiva não só pela descoberta de áreas mais responsáveis pelos processos cognitivos estudados dentro da abordagem do PI, mas também pelas implicações no campo da neuropsicologia, principalmente porque essas descobertas tiveram e têm forte impacto em termos de diagnóstico e tratamento de transtornos mentais. Proctor e Vu (2006) citam uma passagem do *Journal of Cognitive Neuroscience* a respeito das instruções aos autores que diz o seguinte: “O Periódico publica artigos que fazem a ponte entre as descrições de processamento de informação e as especificações da atividade cerebral.” Além disso, um campo de pesquisa emergente é a neuroergonomia, que é o estudo do cérebro e do comportamento no trabalho. Outros campos de pesquisa com impactos em contextos aplicados surgiram na chamada cognição aumentada, que tem como objetivo criar interações homem-computador embasadas em estados cognitivos medidos em tempo real e avaliados através de modernas ferramentas neurocientíficas (Schmorrow, 2005).

A abordagem do processamento de informação também teve impactos na pesquisa em psicologia social de inspiração norteamericana, principalmente nos estudos sobre estereótipos e atitudes, no que se conhece por cognição social. Fiske e Taylor (2013) afirmam que, diferentemente da psicologia experimental, a psicologia social tem se inclinado para os conceitos cognitivos mesmo quando grande parte da psicologia era behaviorista. Essa inclinação se deu de três maneiras: primeiro, desde Lewin, a percepção que uma pessoa tem do mundo ou de uma situação é mais importante do que uma descrição da situação com base apenas nos estímulos fornecidos por ela; em segundo lugar, os psicólogos sociais preocupam-se não somente com as causas, mas também com o resultado final das percepções e interações com as pessoas no mundo. Em termos cognitivos, isso significa dizer



que as interações produzem pensamentos sobre as situações, permitindo fazer julgamentos sobre uma situação, bem como a tomada de decisão. Os psicólogos sociais estão interessados não só no afeto ou no comportamento produzido num contexto, mas frequentemente, eles se perguntam “o que uma pessoa pretendia fazer naquela situação, qual era sua intenção, no que ela estava pensando?”; uma terceira via pela qual a psicologia social americana foi sempre cognitiva é que entre as causas e as finalidades, as pessoas são seres pensantes, que geralmente, mas não necessariamente, raciocinam antes de agir. Portanto, os aspectos cognitivos são de interesse primordial aos psicólogos sociais que objetivam não especular sobre processos internos, mas estudar os comportamentos dos seres humanos e daí inferir processos cognitivos subjacentes aos processos sociais.

Na pesquisa da cognição social, as teorias estão agora disponíveis para descrever - e as ferramentas são disponíveis para medir - várias suposições implícitas, mas até agora não examinadas sobre processos. A pesquisa cognitiva social muitas vezes tenta medir os estágios do processamento da informação social ou, pelo menos, o mecanismo pelo qual a percepção social se traduz em resposta social. Ou seja, quando uma pessoa confronta um estímulo social, várias etapas podem ocorrer antes que ele ou ela reaja, ou a reação talvez seja mais automática ou irrefletida. A cognição social, e agora a neurociência social, analisa todos esses processos desde os primeiros momentos (Fiske & Taylor, 2013, pp. 17-18).

Além do foco em processos conscientes, baseados no raciocínio, há um tópico que vem ganhando força na pesquisa cognitiva em geral, o dos processos automáticos ou inconscientes.

Grande parte da vida social é experimentada através de processos mentais que não são intencionais e dos quais pode-se estar bastante inconsciente. Esses processos são automaticamente desencadeados por características do ambiente social imediato, tais como o pertencimento a grupo de outras pessoas, as qualidades de seu comportamento e características de situações sociais (por exemplo, normas, o poder relativo de alguém). Pesquisas recentes têm mostrado que essas influências inconscientes se estendem além da percepção e interpretação do mundo social para a orientação real, durante longos períodos de tempo, para a busca de objetivo importante e interações sociais (Bargh & Williams, 2006, p. 1).

Finalmente, com relação à percepção-ação, tem havido uma tendência para os modelos de processamento de informação de minimizar ou excluir mesmo o papel da ação. Mas os pesquisadores do PI não são únicos a negligenciar esse tópico de pesquisa. A negligência pode ser generalizada para a psicologia.

Seria de se esperar que a psicologia - a ciência da vida mental e do comportamento - colocasse grande ênfase nos meios pelos quais a vida mental é expressa comportamentalmente. Surpreendentemente, entretanto, o



estudo de como as decisões são tomadas, o foco da pesquisa no controle motor, tem recebido pouca atenção da psicologia (Rosenbaum, 2005, p. 308).

Rosenbaum (2005) considera três hipóteses viáveis para essa negligência: primeiro, o fato de que os psicólogos parecem estar mais preocupados com epistemologia do que com ação. A base para essa afirmação é o fato de que a psicologia surgiu da filosofia, e as questões postas pela psicologia vão no sentido de saber como nós conhecemos e não como nós nos movemos. Aliás, a razão central da psicologia cognitiva é o conhecimento. Segundo, os psicólogos têm desestimulado o controle motor porque as respostas abertas eram as únicas medidas aceitas durante o behaviorismo. Antes de Watson, o estudo do movimento prosperou nos Estados Unidos, mas quando a psicologia rejeitou o behaviorismo, ela abandonou também as medidas baseadas em respostas (comportamentos, as únicas medidas aceitas pelo behaviorismo), sendo o estudo do controle motor o culpado pela associação, pois era como se o controle motor fosse um programa de pesquisa sem mente. Terceiro, o assunto tem o domínio dos neurocientistas, que dão grande ênfase ao controle motor. Com efeito, Rosenbaum (2005) fez um levantamento no *Social Science Citation Index* de 1986 a 2004 e mostrou que, buscando artigos com base nos descritores típicos de assuntos cognitivos (atenção, memória, etc), incluindo a palavra *motor*, ele encontrou a menor frequência de ocorrência (17.424) da palavra *motor* em relação àqueles descritores. Por outro lado, um outro levantamento no *Science Citation Index*, no mesmo período, com as mesmas palavras, mas em periódicos cujos títulos continham "Brain" ou "Neur", revelou o contrário: a maior frequência de ocorrência foi encontrada para artigos relacionados com a palavra *motor* (10.913) em relação aos descritores cognitivos.

Embora a perspectiva de Proctor e Vu (2006) seja interessante e mais abrangente que a apresentada neste artigo, nesta exposição sobre os 60 anos do PI, nós nos restringimos a dois dos principais tópicos abordados pela psicologia cognitiva experimental: a atenção e a memória. Essa via está em consonância com a visão de Greenwood (1999), que distingue dois movimentos relativamente independentes do PI, um que envolve memória de curto prazo e atenção e o outro relacionado aos modelos computacionais do pensamento. Nós retomamos os temas da atenção e memória de curto prazo, apresentando uma reflexão sobre possíveis alianças entre as pesquisas cognitivas experimentais e as neurociências. Essas alianças são ilustradas com alguns exemplos, longe de representar qualquer forma de revisão da literatura, por não ser este o objetivo deste trabalho.

Atenção

O estudo dos processos atentos representou um tópico fundamental de investigação na área da Psicologia nas décadas de 1950 e 1960, possibilitando uma compreensão dos processos mentais baseada nos preceitos da teoria da informação. Naquele momento, o



grande avanço observado imediatamente após a Segunda Guerra Mundial em áreas como a codificação digital de dados, a transmissão e seleção da informação na comunicação e a ampliação e estruturação de novas abordagens teóricas da matemática aplicada (como os avanços na teoria das probabilidades e na estatística inferencial), motivaram a investigação dos processos mentais. O foco era nos subsistemas cognitivos dispostos em estágios de processamento da informação: percepção, cognição e controle da ação (Proctor & Vu, 2012; Young, Clegg, & Smith, 2004). Tal perspectiva permitiu a construção de teorias robustas sobre uma grande variedade de processos mentais não passíveis de observação direta, mas que compunham uma arquitetura cognitiva representacional, negada pela abordagem behaviorista predominante nas décadas anteriores.

Naquele momento, houve uma ênfase na elaboração de modelos cognitivos estruturais que metaforicamente comparavam a atenção a um filtro. O filtro selecionava a informação relevante com base nas características físicas dos estímulos em um estágio inicial do processamento da informação (Broadbent, 1958). Esse processo inicial permitiria uma grande redução no volume de informação a ser analisado em estágios posteriores e explicava adequadamente uma parcela significativa dos resultados observados em vários experimentos sobre a capacidade seletiva humana. Essa teoria passou a ser conhecida como teoria do filtro (Pashler & Sutherland, 1998).

Uma outra parcela de resultados, advinda de experimentos auditivos, não podia ser explicada pela teoria do filtro. Esses experimentos sugeriam que certas características semânticas dos estímulos, como o significado de palavras não atendidas em tarefas de escuta dicótica, eram capazes de influenciar a seletividade atenta para além das propriedades físicas da informação (Moray, 1959; Treisman, 1960). Frente a esses resultados conflitantes, Treisman (1964) propôs uma reformulação da teoria do filtro, em um modelo conhecido como atenuação do filtro (Proctor & Vu, 2012). O modelo propunha que estímulos especialmente significativos eram capazes de modular a seletividade do filtro atento em estágios precoces do processamento, o que acomodava adequadamente os resultados conflitantes observados. Concomitantemente, uma teoria alternativa e conceitualmente distinta das teorias de seleção precoce (*Early Selection Theories*) sugeria que toda a informação, atendida ou não, seria selecionada tardiamente com base no seu significado semântico (Deutsch & Deutsch, 1963). Essas teorias passaram a ser conhecidas como teorias da seleção tardia (*Late Selection Theories*). Esse debate entre teorias de seleção precoce *vs* tardia da informação dominou as investigações por várias décadas, até o surgimento de modelos flexíveis que eram capazes de explicar o processo de seleção da informação com base na carga perceptual imposta pela tarefa. Assim, quanto maior a carga perceptual atribuída ao sistema atento, maior seria a probabilidade de ocorrência de uma seleção precoce da informação. Por outro lado, uma carga perceptual menor permitiria um processamento tardio da informação (Lavie, 1995).



A partir da década de 1970, a visão estrutural dos processos cognitivos associados à atenção foi ampliada para uma compreensão mais ativa vinculada ao controle dos processos cognitivos. Kahneman (1973) sugeriu um modelo da atenção inspirado nos conceitos da teoria econômica em que a atenção não apenas seleciona a informação, mas gerencia ativamente a informação através de recursos limitados. Essa ênfase no controle dos recursos atentos foi sugerida também por Shiffrin e Schneider (1977) que investigaram quais fatores são necessários para a automatização de um processo (processamento rápido e paralelo da informação) e quais fatores determinam um processamento controlado da informação (processamento lento e serial da informação).

A partir da década de 1980, os estudos atencionais exploraram sobejamente a tarefa de busca visual. Nessa tarefa, os participantes procuram por estímulos previamente definidos em um campo visual e que estavam distribuídos entre outros estímulos. Nesses estudos a atenção é metafóricamente comparada a um holofote (*spotlight*) capaz de melhorar a eficiência do processamento dos eventos dentro do seu foco (Posner, Snyder, & Davidson, 1980). Essa metáfora sugere que o foco da atenção pode ser deslocado através de um espaço de representações internas, sendo direcionado por diretrizes exógenas ou endógenas, independentemente dos movimentos oculares, em uma condição conhecida como atenção encoberta. As características espaciais do holofote atensivo foram extensamente investigadas em modelos conhecidos como Modelo das Lentes Zoom (*Zoom Lens Model*) que preconizavam um tamanho flexível para o foco da atenção (Eriksen & James, 1986; LaBerge, 1983).

Treisman e Gelade (1980) propuseram uma importante teoria sobre os mecanismos de seleção em tarefas de busca visual conhecida como Teoria da Integração das Características. Ela é baseada em dois estágios sucessivos de processamento. No primeiro estágio, a busca ocorreria de forma paralela sobre todo campo visual, selecionando de maneira automática a informação com base nas suas características únicas (p. ex., forma, cor, tamanho). Em um estágio subsequente a informação seria integrada por meio dos recursos atentos, caracterizando um processo lento de seleção serial. Nesse estágio os objetos seriam integrados, um após o outro, em uma busca serial até a identificação do alvo. A atenção nesse processo pode ser comparada a uma *cola* mental, capaz de integrar coerentemente os objetos definidos por múltiplas características (cor e forma, cor e tamanho). Essa concepção foi seminal para várias teorias sobre as tarefas de busca visual (Duncan & Humphreys, 1989; Wolfe, Cave & Franzel, 1989).

Além dos modelos atencionais sustentados por estudos experimentais, muitos aspectos do sistema atensivo começaram a ser melhor compreendidos após o significativo avanço das técnicas de neuroimagem desenvolvidas e aprimoradas no final do século XX. Posner e Petersen (1990) sugeriram que os processos atentos poderiam ser bem representados em redes de processamento. Esses autores propuseram três conceitos fundamentais para a



compreensão do sistema atento: 1) o sistema neuronal atento seria anatomicamente distinto dos sistemas ou redes de processamento sensorial e motor; 2) os processos atentos são realizados por uma rede de áreas anatômicas; 3) as áreas cerebrais envolvidas nos processos atentos realizam funções computacionais específicas (Posner, 1994). Os autores descreveram inicialmente três redes de processamento atento: 1) rede de alerta, relacionada anatomicamente à formação reticular e aos sistemas do hemisfério direito relacionados à vigília; 2) rede de orientação, composta, entre outras regiões, pelo córtex parietal; e 3) rede executiva, relacionada ao córtex frontal e aos processos de autorregulação comportamental.

Nos últimos 15 anos, um número crescente de pesquisas utilizando um amplo espectro de técnicas neurofisiológicas como o eletroencefalograma, as técnicas de imagem por ressonância magnética funcional, a tomografia por emissão de pósitrons e a magnetoencefalografia tem proporcionado uma ampliação significativa na compreensão das estruturas e dos circuitos neuronais envolvidos no processamento atento da informação. Essas investigações têm evidenciado que redes de processamento mais amplas, como apontadas por Posner e Petersen (1990) e Petersen e Posner (2012) apresentam uma grande variedade de especificidades funcionais ou sub-redes de processamento específico (Yeo e outros, 2011). Como evidenciado por Posner e Petersen (1990) o circuito frontoparietal seria o principal responsável pelos processos de controle comportamental, bem como aqueles associados à memória de trabalho e o comportamento direcionado a metas. Esse circuito de controle cognitivo está associado a várias regiões cerebrais, como o córtex pré-frontal dorsolateral, o córtex cingulado anterior, o lobo parietal inferior e diversas estruturas subcorticais (Joyce & Skip, 2015). Dois outros circuitos são fundamentais para a compreensão dos processos atentos: os circuitos dorsal e ventral. O circuito dorsal (dorsal network) está associado ao processamento da informação espacial e a capacidade de realocação atenta. Já o circuito ventral permite a identificação dos objetos e a sua conceitualização utilitária (Castellanos & Proal, 2012; Joyce & Skip, 2015). Em conjunto essas investigações apontam para a elaboração de teorias e modelos funcionais bastante abrangentes e com importantes implicações para a avaliação e intervenção clínica em um grande número de transtornos comportamentais.

Sumariando, a investigação dos processos atentos ao longo dos últimos sessenta anos mostrou uma evolução teórica vigorosa, passando de um modelo estrutural relativamente simples para um vasto conjunto de teorias funcionais acerca dos processos de seleção e manutenção da informação no sistema cognitivo humano. Concomitante ao desenvolvimento dos estudos experimentais, os estudos neurocientíficos vêm aprimorando os conhecimentos sobre os processos atentos, ensejando revisões ou o surgimento de novos modelos/teorias com implicações teóricas e clínicas.

Memória



Na edição de agosto de 1966, a revista *Science* publicou um artigo seminal intitulado “*High-speed scanning in human memory*” (Sternberg, 1966). Nesse artigo Sternberg propôs um procedimento ou paradigma experimental de reconhecimento de curto prazo, tendo como variável independente a carga de memória e como variável dependente o tempo de reação. Em cada prova, os participantes deviam memorizar um conjunto de números (1 a 6 itens) e, após dois segundos, lhes era apresentado um estímulo-teste. Se o estímulo-teste estivesse entre os itens memorizados, o participante deveria empurrar uma alavanca (resposta positiva). Caso contrário, deveria empurrar uma alavanca diferente (resposta negativa). Em cada prova, o tempo de reação era registrado, assim como a taxa de erros. Os resultados mostraram que a busca do estímulo-teste na memória era feita por um processo de varredura (*scanning*) na memória, seguindo um padrão serial e exaustivo. Serial porque o tempo de reação aumentava linearmente com o aumento do número de itens memorizados, e exaustivo porque a relação entre a taxa de busca na memória para respostas positivas e negativas era aproximadamente um.

Tendo sido publicado um ano antes do primeiro livro com o título *Cognitive Psychology* (Neisser, 1967), o artigo de Sternberg é considerado um marco na literatura da área da memória de curto prazo. Num levantamento feito por White (1983), entre os anos de 1971 e 1982, o artigo foi citado 82 vezes, o que para a época pode ser considerado um dos mais citados. Um levantamento atualizado no Google Scholar mostra que o artigo teve um total de 3272 citações!

Nos anos que sucederam à publicação da *Science*, especialmente até a década de 1990, diversos trabalhos testaram a generalidade dos achados de Sternberg (1966), sobretudo a controversa questão sobre a forma do processamento (paralelo x serial) (Lopes, 1992; Townsend, 1990). Todavia e talvez por influências da infusão de neurociência na psicologia após a *Década do Cérebro*, o *Zeitgeist* trabalhou a favor de uma concepção que uniu dados de tempo de reação e análise da acurácia (Sternberg, 1969) com abordagens neurais e computacionais dos processos cognitivos (Lopes, 2012).

Portanto, nos últimos 10 anos, as pesquisas experimentais utilizando o procedimento de Sternberg (1966) evoluíram em duas grandes linhas de investigação: (1) aquelas que se centram nos testes do procedimento de Sternberg combinado com dados de tempo de reação, portanto, constituem pesquisas que, fundamentalmente, tentam replicar os achados de Sternberg com algum tipo de variação; (2) aquelas que abordam o procedimento do ponto de vista de suas relações com dados da neurociência.

Com relação ao primeiro grupo de pesquisas, pode-se dizer que elas lidam com estudos de capacidade e velocidade de processamento da informação na memória de curto prazo. Kinnel e Dennis (2012) estudaram o efeito do tamanho da lista para pares de palavras, faces, fractais e fotografias de cenas. Houve efeito significativo do tamanho da lista para



faces e fractais, mas não houve efeito para pares de palavras e fotografias de cenas. Os autores atribuíram esse efeito à similaridade intraestímulo, ou seja, a similaridade agria produzindo um ruído entre os itens memorizados, trazendo prejuízo no reconhecimento dos itens. Assim, as palavras, pares de palavras e fotografias cenas não possuíam alta similaridade a ponto de gerar interferência no processo de reconhecimento. Vergauwe e Cowan (2014) examinaram a relação entre a rapidez de resposta e o número de itens na memória de curto prazo utilizando o paradigma de Sternberg (1966) e outros paradigmas de estudo da memória de curto prazo. No paradigma de Sternberg, os resultados mostram taxas de processamento de 37 ms/item (milissegundos/item acrescentado na memória). Uma análise geral e comparativa com outros paradigmas mostra que as taxas de processamento variam entre 35 e 40 ms/item, significando que parece haver um processo de recuperação da memória de curto prazo de alta velocidade

Numa vertente um pouco diferente, alguns trabalhos combinaram o paradigma de Sternberg com o procedimento DRM (Deese-Roediger-Mcdermott) (Roediger & MacDermott, 1995), um procedimento que é muito utilizado no estudo das falsas memórias (Gallo, 2014; Stein, 2010). No procedimento DRM, os participantes do experimento ouvem ou veem listas de palavras que possuem alguma relação semântica entre si (p. ex., travesseiro, colchão, fronha, cama). Essas palavras têm em comum o fato de se relacionarem com a palavra sono. No entanto, a palavra sono não aparece na lista, mas os participantes, ao recordarem os itens da lista, podem dizer que ouviram ou viram a palavra sono. Essa palavra é chamada de distrator crítico, produtora do que se chama uma falsa memória. Esse procedimento tem mostrado que surpreendentemente nós recordamos de informações que não vimos numa taxa muito alta, às vezes equivalente às taxas de recordação de informações verdadeiras, aquelas que estão na lista de fato. Esses estudos normalmente utilizam a frequência de informações verdadeiras e falsas como variável dependente. No entanto, muito poucas pesquisas utilizam o procedimento de Sternberg combinado com o DRM. Num desses únicos estudos, Coane, McBride, Raulerson e Jordam (2007) mostraram um aumento do tempo de reação com o aumento do número de itens DRM, um resultado semelhante àqueles encontrados com o procedimento de Sternberg. Mas o mais interessante é que a rejeição dos chamados distratores críticos ou falsas memórias (itens não presentes na lista memorizada, mas que os participantes respondem que estão) foi mais lenta do que os itens presentes na lista e os itens com fraca associação semântica. Utilizando o mesmo procedimento de Coane e outros (2007), resultados semelhantes foram obtidos por Sene, Lopes e Rossini (2014). Resumindo, em pesquisas dessa natureza, além da novidade em se trabalhar com dois procedimentos experimentais robustos, introduziu-se a possibilidade do uso do tempo de reação para se estudar as falsas memórias, algo não muito comum nesse tipo de pesquisa de memória (Lopes & Garcia, 2014).



Enquanto os exemplos do primeiro grupo de pesquisas procuraram verificar a estabilidade e generalidade dos achados de Sternberg (1966), o segundo grupo de pesquisas enquadra-se numa tendência mais moderna, algo que poderíamos dizer, seria a meta da pesquisa em ciências cognitivas, o empreendimento interdisciplinar surgido também na época da revolução (Lopes, 2012). Trata-se de combinar pesquisa experimental com dados das neurociências, algo que ainda está se estabelecendo no meio científico. Nessa vertente, novamente Sternberg (2001) destaca-se por ter publicado um dos mais extensos trabalhos sobre a análise de módulos mentais. A noção de módulo é fundamental porque ela nos remete à relação entre os aspectos estruturais (anatômicos) e funcionais (fisiológicos) para o estudo de processos cognitivos. Assim, poderíamos falar em módulos para a linguagem, para o processo de reconhecimento de objetos, etc., sem com isso estarmos falando em localizacionismo. Um módulo mental poderia realizar as funções da linguagem e se utilizar de uma rede neuronal que englobe mais que uma estrutura anatômica do cérebro.

Que a descoberta e identificação de módulos é uma questão central na psicologia é refletida pela ampla gama de exemplos; eles incluem diferentes áreas substantivas, espécies, respostas (por exemplo, estímulo-eliciado vs. operante), medidas, regras de combinação, desenhos experimentais e relações entre módulos; eles levam à decomposição de processos neurais e funcionais. Ao considerar tais exemplos em conjunto, dentro de uma estrutura unificada que destaca sua lógica inferencial, passamos a compreendê-los melhor e aplicações em uma área se beneficiam das lições aprendidas em outra (Sternberg, 2001, pp. 210-211).

Assim, medidas de tempo de reação podem ser combinadas com medidas neurais e ambas podem ser decompostas, dando suporte para a noção de processamento cognitivo modular. As medidas neurais podem ser correlacionadas às medidas obtidas com experimentação, que permitem a decomposição do tempo de reação em uma série de estágios de processamento (Coltheart, 2011; Mahon & Cantlon, 2011; Sternberg, 2011; Sternberg & Backus, 2015). Como consequências dessa análise de Sternberg (2001, 2011), tem-se a possibilidade de planejar diferentes experimentos em que variáveis podem ser manipuladas e seus efeitos verificados, permitindo a construção de modelos teóricos a partir da decomposição do tempo de reação em estágios de processamento (p. ex., entre estímulo e resposta, temos os estágios de codificação da informação, comparação de um item-teste com os itens previamente memorizados, seleção da resposta correta e tomada de decisão). Se medidas neurais (p. ex., eletroencefalograma ou ressonância magnética) forem utilizadas concomitantemente ao experimento (p. ex., de memória), pode-se inferir que áreas cerebrais são responsáveis pelo processamento modular, tendo daí possíveis implicações clínicas, como no caso de pacientes que sofreram acidente vascular encefálico. A proposta de Sternberg (2001) não é muito simples; ela foi exposta num artigo da *Acta Psychologica* e ocupa 99 páginas! No entanto, propostas mais modestas podem ser realizadas.



Nesse sentido, Chen e Desmond (2005) utilizaram-se de um modelo cérebro-cerebelar para estudar a memória de trabalho verbal numa tarefa de Sternberg (1966). Nessa tarefa, três fases distintas podem ser separadas: a codificação da informação, a manutenção dela e a recuperação. Utilizando-se de imagens de fMRI (imagem de ressonância magnética funcional) e a resposta hemodinâmica individual, eles mostraram uma ativação mais forte no cerebelo superior direito durante o estágio de codificação da informação, com um padrão similar nas regiões pré-motora e frontal inferior esquerda. Em contraste, o cerebelo inferior direito mostrou uma maior ativação durante a fase de manutenção da tarefa, o que correspondia com a ativação do lobo parietal inferior esquerdo. Os autores discutiram os resultados em termos de modelos cérebro-cerebelares da memória de trabalho verbal, isto é, na memória de trabalho verbal há o envolvimento de duas redes cérebro-cerebelares funcionalmente distintas. Estas redes são recrutadas durante as diferentes fases da tarefa e são postuladas para sustentar as diferentes exigências no processamento cognitivo que se desenvolvem durante o curso da tarefa. Num outro estudo utilizando medidas comportamentais e de fMRI, Prabhakaran e outros (2011) mostraram que regiões do córtex pré-frontal dorsal do hemisfério direito mediam os processos de consolidação da memória e que essas mesmas regiões interligam a capacidade e a velocidade do processamento cognitivo na memória de trabalho.

Enquanto os dois trabalhos anteriores relataram dados utilizando técnicas de imageamento por fMRI, os dois últimos utilizaram dados de EEG (eletroencefalograma). Desse modo, Singh, Singh, Sharma e Talwar (2015) utilizaram a tarefa de Sternberg com a análise de dados de EEG em uma tarefa de carga de memória. As análises correlacionais do EEG durante a execução da tarefa de memória mostrou um padrão diferenciado: um decréscimo na potência da banda alfa superior, a banda representativa do estado mental de relaxamento e mudanças na potência das ondas teta frontotemporais, que podem refletir os estágios de codificação e execução da tarefa de memória. Num outro estudo utilizando EEG, Borst e Anderson (2015) propuseram um novo método para identificar estágios de processamento de informação humana. Visando superar as limitações dos métodos baseados em TR, eles utilizaram modelos de Markov (HSMs) para analisar os dados de EEG em tarefas de reconhecimento associativo. O objetivo foi encontrar assinaturas neurais que marcam a existência de estágios e sua duração. Em resumo, os dados mostraram que o reconhecimento associativo pode ocorrer em 5 estágios diferentes: estágios 1 e 2 (codificação da informação), estágio 3 (recuperação), estágio 4 (consolidação da informação recuperada no estágio 3), estágio 5 (decisão). Eles concluíram que o novo método pode oferecer informações importantes sobre o processamento de informação humana, fundamentando, do ponto de vista neural, os modelos de estágios de processamento da informação obtidos com tempo de reação, como é o método dos fatores aditivos (Sternberg, 1969).



Tomados em conjunto, os dados obtidos com técnicas neurocientíficas dão suporte e complementam os dados obtidos por métodos experimentais. Além disso, essa aliança entre psicologia cognitiva experimental e neurociência solidifica o projeto que nasceu na década de 1950. No entanto, o projeto é maior que essa aliança exemplificada aqui, pois ele se estende para outras áreas, tais como a computação, inteligência artificial, antropologia e outras.

Conclusões e direções futuras

A abordagem do processamento de informação permitiu a construção de uma agenda de pesquisa muito rica, novos diálogos têm ocorrido com áreas como a neurociência cognitiva, a psicologia evolucionária, a cognição social e as relações percepção-ação (Proctor & Vu, 2006).

Entretanto, como todo empreendimento científico, o processamento de informação passou e passa por críticas. Proctor e Vu (2006) situam três fontes de críticas. A primeira crítica, como se poderia esperar, vem da análise do comportamento, sob o argumento de que a volta do mentalismo em psicologia traria problemas para o desenvolvimento de uma psicologia como ciência natural. A segunda crítica procede de autores da abordagem ecológica da percepção-ação. Eles enfatizam que a informação está diretamente disponível aos organismos e que, portanto, a relação organismo-ambiente é fundamental para a percepção-ação. Portanto, a noção de representação mental (o cerne do cognitivismo) é descartada. A terceira crítica provém da abordagem cibernética. Essa abordagem enfatiza que a cognição emerge como consequência do controle motor sobre o “feedback” sensorial. O controle sensorio-motor mediará a percepção e a cognição. Apesar das críticas, Proctor e Vu (2006) assinalam que “Yes, the promise of the human information-processing approach has been fulfilled” (p. 278).

A título de conclusão e prognóstico, seguindo o exposto por Lopes e Teixeira (2012), pode-se dizer que o futuro do processamento de informação parece seguir três direções ou alianças: (1) com as neurociências, submetendo a psicologia cognitiva ao reducionismo; (2) com abordagens computacionais da mente, formando uma ciência cognitiva unificada; (3) com as abordagens ecológicas, destacando a interatividade entre organismo e ambiente. Ademais, enquanto vivemos os produtos da revolução cognitiva numa possível aliança com as neurociências, fala-se também em uma revolução cognitiva computacional (Griffths, 2015). Nessa revolução, Griffths tem argumentado que, a despeito da utilização de modelos computacionais que se seguiram à visão behaviorista daquilo que é observável, os métodos para o teste de hipóteses sobre como a mente funciona permaneceram os mesmos, restritos ao ambiente de laboratório. Ele defende uma expansão desses métodos com o uso das tecnologias computacionais recentes.



Mas enquanto permanecemos focados nos eventos em nossos laboratórios, o mundo fora desses laboratórios mudou. A Internet oferece uma maneira de atingir milhares de pessoas em segundos. As vidas humanas são vivenciadas cada vez mais através de nossos computadores e de nossos telefones celulares. E as pessoas com mais dados sobre o comportamento humano não são mais os psicólogos. Eles são os cientistas da computação (Griffths, 2015, p. 21).

A argumentação de Griffths (2015) parece ser muito plausível num mundo onde as tecnologias da informação se desenvolveram de forma rápida e cada vez mais acessível. Todavia, o que ele advoga não é a rapidez e a quantidade de participantes que podem ser recrutados utilizando essas ferramentas (celulares, internet, etc) para atender àquilo que se fazia no laboratório com maior dificuldade no passado. A visão dele é de como a utilização dessas ferramentas pode mudar o que nós podemos fazer, portanto não restringir apenas à coleta de dados mais fácil e mais rápida, mas sobretudo, que essa tecnologia possa nos ajudar a progredir na proposta de novas formas de análises, novos paradigmas experimentais, mais ricos, que possam oferecer uma compreensão mais rica da cognição humana (Griffths, 2015, p. 22).

Finalmente, um dos maiores cientistas da psicologia cognitiva, Michael Posner (1986), resumiu os pontos importantes do sucesso da abordagem do processamento de informação: ela permitiu uma linguagem e uma integração entre humanos, computadores, máquinas e outras espécies; uma perspectiva de integração sobre percepção, cognição e ação; uma melhor compreensão dos fenômenos da cognição-emoção, esta última esquecida nos primórdios da psicologia cognitiva; um estudo da experiência consciente e das relações mente-cérebro; por fim, o que poderíamos resumir sob o título de pesquisa aplicada e sua interface com a pesquisa básica. Uma avaliação da posição advogada por Posner parece mais alinhada com os objetivos de uma ciência cognitiva que ultrapassa os limites do processamento da informação; de outro modo, pode-se dizer que o processamento da informação é, com efeito, um paradigma (no sentido de modelo) unificador das diferentes tendências, métodos e objetivos das diferentes ciências que constituem o consórcio das ciências cognitivas.

A título de conclusão, os desenvolvimentos apontados por Posner (1986), nos 30 anos do processamento da informação, aqueles apontados por Proctor e Vu (2006), ao celebrar meio século do PI, e os apontados neste artigo mostram que a abordagem do PI, agora sexagenária, continua viva, com grandes promessas e desafios, levando-nos a crer que as chamas das velas desse aniversário continuarão acesas por muito tempo.

Referências

Baars, B. J. (1986). *The cognitive revolution in psychology*. New York: Guilford.



- Bargh, J. A. & Williams, E. L. (2006). The automaticity of social life. *Current Directions in Psychological Science*, 15, 1-4.
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering*. Cambridge: Cambridge University.
- Beck, A. T. & Alford, B. A. (2000). *O poder integrador da terapia cognitiva*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.
- Borst, J. P. & Anderson, J. R. (2015). The discovery of processing stages: analyzing EEG data with hidden semi-Markov models. *NeuroImage*, 108, 60-73.
- Broadbent, D. (1958). *Perception and communication*. Oxford: Pergamon.
- Carone, I. (2003). *A psicologia tem paradigmas?* São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Carone, I. (2012). Por uma epistemologia historicamente orientada da psicologia. Em A.M. Jacó-Vilela & L. Sato (Org.s). *Diálogos em psicologia social* (pp. 217-231). Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais.
- Castellanos, F. X. & Proal, E. (2012). Large-scale brain systems in ADHD: beyond the prefrontal-striatal model. *Trends in Cognitive Sciences*, 16, 17-26.
- Chen, S. H. A. & Desmond, J. E. (2005). Temporal dynamics of cerebro-cerebellar network recruitment during a cognitive task. *Neuropsychologia*, 43, 1227-1237.
- Coane, J. H., McBride, D. M., Raulerson, B. & Jordan, J. S. (2007). False memory in a short-term memory task. *Experimental Psychology*, 54, 62-70.
- Coltheart, M. (2011). Methods for modular modelling: additive factors and cognitive neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 28, 224-240.
- Cordeiro, A. M., Oliveira, G. M., Rentería, J. M., Guimarães, C. A. & GERS-Rio (2007). Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 34, 428-431.
- Craik, K. J. W. (1943). *The nature of explanation*. Cambridge: Cambridge University.
- Crowther-Heyck, H. (1999). George A. Miller, language, and the computer metaphor of mind. *History of Psychology*, 2, 37-64.
- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. (1963). Attention: some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Duncan, J. & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433-458.



- Eriksen, C. W. & James, J. D. S. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: a zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40, 225-240.
- Fiske, S. T. & Taylor, S. E. (2013). *Social cognition: from brains to culture* (2a ed.). London: Sage.
- Galera, C. & Lopes, E. J. (1995). Cronometria de processos mentais. *Temas em Psicologia*, 3, 1-10.
- Gallo, D. A. (2014). *Associative illusions of memory: false memory research in DRM and related tasks*. New York: Psychology.
- Gardner, H. (1995). *A nova ciência da mente: uma história da revolução cognitiva* (C. M. Caon, Trad.). São Paulo: Edusp. (Original publicado em 1985).
- Greenwood, J. D. (1999). Understanding the “cognitive revolution” in psychology. *Journal of History of the Behavioral Sciences*, 35, 1-22.
- Griffiths, T. L. (2015). Manifesto for a new (computational) cognitive revolution. *Cognition*, 135, 21-23.
- Joyce, A. & Skip, H. (2015). Attention: an evolving construct. *Applied neuropsychology: child*, 4, 80-88.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kinnel, A. & Dennis, S. (2012). The role of stimulus type in list length effects in recognition memory. *Memory & Cognition*, 40, 311-325.
- Kuhn, T. S. (2009). *A estrutura das revoluções científicas* (9a ed.). (B. Vianna & N. Boeira, Trad.s). São Paulo: Perspectiva (Original publicado em 1962).
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 371-379.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451-468.
- Lopes, E. J. (1992). *Codificação de sinais visuais na memória ativa evidenciada pelo método dos fatores aditivos*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Psicobiologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.
- Lopes, E. J. (Org.). (2012). *Temas em ciências cognitivas & representação mental*. Porto Alegre: Sinopsys.
- Lopes, E. J. & Garcia, R. B. (2014). On the possibility of using reaction time to study false memories. *Psychology & Neuroscience*, 7, 393-397.



- Lopes, E. J. & Lopes, R. F. F. (2009). Uma análise crítica da revolução cognitiva: implicações epistemológicas. *Psychologica*, 50, 7-19.
- Lopes, E. J., Lopes, R. F. F. & Rodrigues, C. M. L. (2000). Perspectivas do estudo da mente: da psicologia cognitiva às neurociências. *Revista da Sociedade de Psicologia do Triângulo Mineiro*, 3, 6-11.
- Lopes, E. J. & Teixeira, J. F. (2012). O futuro da representação mental: algumas implicações epistemológicas para a psicologia cognitiva e para as ciências cognitivas. Em E. J. Lopes (Org.). *Temas em ciências cognitivas & representação mental* (pp. 369-397). Porto Alegre: Sinopsys.
- Luce, R. D. (1986). *Response times: their role in inferring elementary mental organization*. New York: Oxford University.
- Mahon, B. Z. & Cantlon, J. F. (2011). The specialization of function: cognitive and neural perspectives. *Cognitive Neuropsychology*, 28, 147-155.
- Mandler, G. (2002). Origins of the cognitive (r)evolution. *Journal of History of the Behavioral Sciences*, 38, 339-353.
- Mandler, G. (2007). *A history of modern experimental psychology: from James and Wundt to cognitive science*. Cambridge: MIT.
- Miller, G. A. (2003). The cognitive revolution: a historical perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 141-144.
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11, 56-60.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- O'Donohue, W., Ferguson, K. E. & Naugle, A. E. (2003). The structure of the cognitive revolution: An examination from the philosophy of science. *The Behavior Analyst*, 26, 85-110.
- Pashler, H. E. & Sutherland, S. (1998). *The psychology of attention* (Vol. 15). Cambridge: MIT.
- Petersen, S. E. & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89.
- Pirolli, P. (2007). Cognitive models of human-information interaction. Em F. T. Durso (Org.). *Handbook of applied cognition* (2a ed.; pp. 443-470). Chichester, Inglaterra: Wiley.
- Posner, M. I. (1986). Overview. Em K. R. Boff, L. Kaufman & J. P. Thomas (Org.s). *Handbook of perception and human performance* (Vol. II): *cognitive processes and performance* (pp. V3-V10). New York: Wiley.



- Posner, M. I. (1994). Attention: the mechanisms of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91, 7398-7403.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Prabhakaran, V., Rypma, B., Narayanan, N. S., Meier, T. B., Austin, B. P., Nair, V. A., Gabrielli, J. D. E. (2011). Capacity-speed relationships in prefrontal cortex. *PLoS ONE*, 6, 1-9.
- Proctor, R. W. & Schneider, D. W. (2018). Hick's law for choice reaction time: a review. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71, 1281-1299.
- Proctor, R. W. & Vu, K. P. L. (2006). The cognitive revolution at age 50: has the promise of the human information-processing approach been fulfilled? *International Journal of Human-Computer Interaction*, 21, 253-284.
- Proctor, R. W. & Vu, K. P. L. (2012). Human information processing. Em N. M. Seel (Org.). *Encyclopedia of the sciences of learning* (pp. 1458-1460). Heidelberg/Berlim: Springer.
- Reason, J. (2009). *Human error* (20a ed.). New York: Cambridge University. (Original publicado em 1990).
- Roediger, H. L.; McDermott, K. B. (1995). Creating false memories: remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 803-814.
- Rosenbaum, D. A. (2005). The Cinderella of psychology: the neglect of motor control in the science of mental life and behavior. *American Psychologist*, 60, 308-317.
- Schmorrow, D.D. (Ed.) (2005). *Foundations of augmented cognition*. Mahwah, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sene, A. S., Lopes, E. J. & Rossini, J. C. (2014). Falsas memórias e tempo de reação: estudo com o procedimento de palavras associadas. *Psicologica*, 57, 25-40.
- Shiffrin, R. M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II - perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Singh, Y., Singh, J., Sharma, R. & Talwar, A. (2015). FFT transformed quantitative EEG analysis of short term memory load. *Annals of Neuroscience*, 22, 176-179.



- Skinner, B. F. (1995). The behavior of organisms at fifty. Em J. T. Todd & E. K. Morris (Org.s). *Modern perspectives on B.F. Skinner and contemporary behaviorism* (pp. 149-161). Westport, Estados Unidos: Greenwood.
- Stein, L. M. (Org.) (2010). *Falsas memórias: fundamentos científicos e suas aplicações clínicas e jurídicas*. Porto Alegre: Artmed.
- Sternberg, S. (1966). High-speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652-654.
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: extensions of Donders' method. *Acta Psychologica*, 30, 276-315.
- Sternberg, S. (2001). Separate modifiability, mental modules, and the use of pure and composite measures to reveal them. *Acta Psychologica*, 106, 107-246.
- Sternberg, S. (2011). Modular processes in mind and brain. *Cognitive Neuropsychology*, 28, 156-208.
- Sternberg, S. & Backus, B. T. (2015). Sequential processes and the shapes of reaction time distributions. *Psychological Review*, 122, 830-837.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-208.
- Townsend, J. T. (1990). Serial vs. parallel processing: sometimes they look like Tweedledum and Tweedlee but they can (and should) be distinguished. *Psychological Science*, 1, 46-54.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.
- Treisman, A. (1964). Monitoring and storage of irrelevant messages in selective attention. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 3, 449-459.
- Treisman, A. M. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Vergauwe, E. & Cowan, N. (2014). A common short-term memory retrieval rate may describe many cognitive procedures. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 1-7.
- White, M. J. (1983). Prominent publications in cognitive psychology. *Memory & Cognition*, 11, 423-427.
- Wickens, C. D. (2007). Aviation. Em F. T. Durso (Org.). *Handbook of applied cognition* (2a ed.; pp. 361-389). Chichester, Inglaterra: Wiley.
- Williams, J. M. G., Watts, F. N., MacLeod, C. & Mathews, A. (1997). *Cognitive psychology and emotional disorders* (2a ed.). Chichester, Inglaterra: Wiley.



Wolfe, J. M., Cave, K. R. & Franzel, S. L. (1989). Guided search: an alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 419-433.

Yeo, B. T., Krienen, F. M., Sepulcre, J., Sabuncu, M. R., Lashkari, D., Hollinshead, M., Roffman, J. L., Smoller, J. W., Zöllei, L., Polimeni, J. R., Fischl, B., Liu, H., Buckner, R. L. (2011). The organization of the human cerebral cortex estimated by intrinsic functional connectivity. *Journal of Neurophysiology*, 106, 1125-1165.

Young, P. M., Clegg, B. A. & Smith, C. A. (2004). Dynamic models of augmented cognition. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 17, 259-273.

Nota sobre os autores

Ederaldo José Lopes, professor titular, Instituto de Psicologia da Universidade Federal de Uberlândia. Doutor em Psicobiologia (USP-RP) e pós-doutor pela Universidade Federal de São Carlos. Pesquisador 2/ CNPq. Foi Presidente da Sociedade Brasileira de Psicologia (2008-2009). E-mail: ederaldo@ufu.br

Joaquim Carlos Rossini, professor associado, do Instituto de Psicologia da Universidade Federal de Uberlândia. Doutor em Psicobiologia (USP-RP) e pós-doutor pela Concordia University, Montreal, Canadá. E-mail: jrossini@ufu.br

Renata Ferrarez Fernandes Lopes, professora titular, Instituto de Psicologia da Universidade Federal de Uberlândia. Doutora em Psicobiologia (USP-RP) e pós-doutora pela Universidade de São Paulo. E-mail: rferrandeslopes@ufu.br

William Barbosa Gomes, professor titular, Instituto de Psicologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor em Higher Education pela Southern Illinois University - Carbondale (USA), pós-doutor pela mesma instituição e pela University of Michigan. Pesquisador 1A /CNPq. Foi presidente da ANPEPP (2013-2014). E-mail: gomesw@ufrgs.br

Iray Carone, professora doutora, Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Doutora em Filosofia pela PUC/SP, pós-doutora pela University of California/Berkeley, New School for Social Research, Columbia University e UNED, Espanha. E-mail: iraycarone@uol.com.br

Data de recebimento: 20/07/2017

Data de aceite: 29/10/2018