

3

Funções executivas e envelhecimento

3.1

Breve introdução sobre as funções executivas

As funções executivas se constituem em um conjunto de processos que basicamente permitem ao indivíduo regular o comportamento e o pensamento¹. Tais funções incluem habilidades para traçar objetivos, planejar ações (estabelecendo meio e fim), executar planos direcionados a metas, tomar decisões levando em conta uma avaliação quanto à eficiência das ações e estratégias adotadas e quanto à adequação do comportamento (ARDILA, 2008; DIAMOND, 2006, 2013; JURADO & ROSSELLI, 2007; LEZAK, 1995; MALLOY-DINIZ et al., 2014; MIYAKE & FRIEDMAN, 2012).

Para resolver problemas imediatos de médio e longo prazo, utilizamos um conjunto de funções executivas, como a capacidade de rever estratégias ineficazes, substituindo-as por outras mais eficientes, de modo a atingir a meta estabelecida (MALLOY-DINIZ et al., 2014, WELSH & PENNINGTON, 1988). O planejamento e a avaliação de estratégia ou adequação de comportamento envolvem ainda a antecipação, que representa a expectativa do indivíduo com relação a consequências ligadas a uma ação; o monitoramento da ação; e o uso de *feedback*, levando em consideração asserções de causa e efeito (STUSS & BENSON, 1986).

As funções executivas são indispensáveis, portanto, para a execução bem-sucedida de diversas tarefas cotidianas, porque é através das funções executivas que o sujeito mantém o foco, monitora sua atenção e integra informações necessárias à atividade realizada. Essas atividades importantes das funções executivas são

² Ardila (2008), em artigo sobre as origens evolucionárias das funções executivas, propõe que o lóbulo pré-frontal seria responsável por dois tipos de funções executivas – funções executivas metacognitivas e funções executivas emocionais/motivacionais, as quais estariam associadas, respectivamente, à área dorsolateral do córtex pré-frontal e às áreas órbito-frontal e frontal medial. As funções metacognitivas teriam se desenvolvido a partir da cultura e de instrumentos culturais, tendo a linguagem (oral e escrita) um papel importante nesse desenvolvimento. As funções executivas de base emocional e motivacional, por sua vez, seriam resultado de evolução biológica. Foge ao escopo deste trabalho essa discussão. Neste capítulo, faremos referência basicamente ao primeiro conceito, conforme vem sendo tratado mais comumente na neurociência contemporânea, o qual compreende resolução de problemas, abstração, planejamento e memória de trabalho.

atribuídas aos lobos frontais, os quais são ativados quando estamos em situações, sejam rotineiras ou não, que exigem novas soluções (STUSS & BENSON, 1986).

Essa organização de procedimentos garante que tenhamos um bom desempenho em atividades do dia a dia, sobretudo naquelas tarefas mais complexas, que necessitam da escolha de procedimentos, da hierarquização de passos e da administração de informações. Mesmo em tarefas corriqueiras, falhas nas funções executivas tornam sua realização verdadeiros desafios para pacientes com comprometimentos cerebrais adquiridos ou com desenvolvimento anormal do sistema nervoso. (MALLOY-DINIZ et al., 2014, p. 115)

Medir e definir as funções executivas é uma tarefa complexa, porque é muito difícil conseguir isolar essas funções específicas de demais funções cognitivas (MIYAKE & FRIEDMAN, 2012). Considera-se que as funções executivas são separáveis, mas elas atuam de forma integrada, como construtos correlacionados moderadamente (MALLOY-DINIZ et al., 2014; MIYAKE et al., 2000; MYAKE & FRIEDMAN, 2012).

Malloy-Diniz et al. (2014) ressaltam, no entanto, que há algumas divergências em relação à caracterização das funções executivas. Nos modelos teóricos, elas geralmente variam quanto à definição de quais componentes abrangem e quanto ao entendimento das funções executivas como um construto único ou como construtos paralelos e integrados.

Por exemplo, Diamond (2013) caracteriza as funções executivas como constituídas por três núcleos: (1) controle inibitório, que possibilita o autocontrole quanto ao comportamento e impulsos (inibição de resposta) e proporciona também a capacidade de controlar interferências, direcionando a atenção a um foco (atenção seletiva e inibição cognitiva; esta se refere à capacidade de inibir uma representação mental em potencial); (2) memória de trabalho, também chamada de “memória operacional”, a qual “envolve a manutenção de representações mentais, retrospecto, prospecção e orientação temporal” (MALLOY-DINIZ et al., 2014, p. 116, tradução nossa); e (3) flexibilidade cognitiva, que diz respeito à capacidade de mudar a forma de enxergar algo, mudar o pensamento, como também mudar mentalmente a perspectiva seja de uma maneira interpessoal (de colocar-se no lugar do outro para entendê-lo de acordo com o ponto de vista da pessoa) ou fisicamente com relação à disposição de algo ou alguém no espaço. Para Diamond, esses núcleos dão origem a funções executivas de ordem maior, como o raciocínio, a capacidade de resolver problemas e planejar. São habilidades fundamentais para a

saúde física e mental da pessoa, que podem proporcionar o sucesso na vida, e para o desenvolvimento cognitivo, social e psicológico.

Barkley (2001), por exemplo, ao descrever as funções executivas, se volta para a caracterização do controle inibitório, o qual, para o autor, envolve processos que podem ocorrer em três níveis distintos: (1) inibição da resposta inicial prepotente, provocando um atraso na resposta; (2) interrupção de uma resposta em curso que se mostra ineficaz, de forma a criar um atraso sobre a decisão de resposta (sensibilidade ao erro); e (3) controle de interferência em relação a eventos concorrentes (ou resistência à distração) que podem atrasar também a resposta.

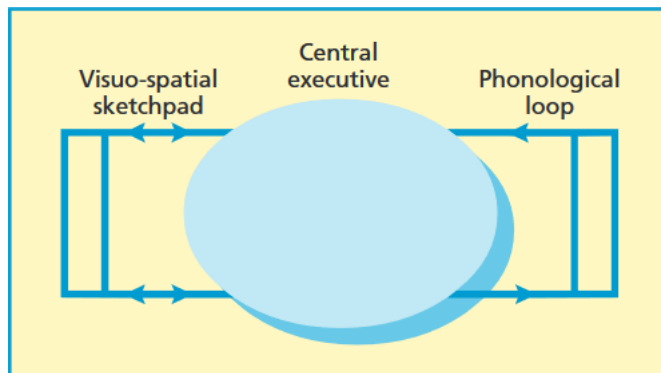
Como definem May & Hasher (1998), o controle inibitório é uma habilidade importante para ajudar a impedir que informações irrelevantes sejam absorvidas pela memória de trabalho prejudicando a execução da tarefa. Os mecanismos de inibição também são fundamentais para a memória de trabalho porque podem minimizar o impacto da ativação de informações a princípio relevantes que se revelaram inapropriadas posteriormente para o propósito da tarefa.

A memória de trabalho trata-se de uma habilidade cognitiva, de capacidade de armazenamento limitado e temporário, responsável pela manipulação e processamento de informações durante as operações mentais. Salthouse & Babcock (1991) definem a memória de trabalho como um componente cognitivo que preserva a informação na memória e, simultaneamente, processa a mesma ou outra informação.

No clássico modelo de Baddeley & Hitch (1974), a memória de trabalho seria um sistema composto por três componentes: o sistema executivo central (*central executive*), com capacidade de atenção limitada, o qual é responsável por controlar dois subsistemas: a alça fonológica (*phonological loop*) e o esboço visuoespacial (*visuo-spatial sketchpad*). O executivo central, considerado um controlador atencional, coordena as operações simultâneas que ocorrem nos dois subsistemas escravos (BADDELEY & DELLA SALA, 1996). A alça fonológica é responsável pelo armazenamento temporário da informação verbal. Já o esboço visuoespacial é responsável pela manutenção temporária de informações de espécie visual e espacial (BADDELEY, 2009). A Figura 2, abaixo, representa o modelo inicial de memória de trabalho proposto por Baddeley & Hitch. Na ilustração, como explica Baddeley (2009), as setas duplas representam a transferência paralela de informações para e a partir do esboço visuoespacial, enquanto as setas simples

representam o processo de repetição consciente do conteúdo verbal no interior da alça fonológica.

Figura 2 – Modelo inicial de memória de trabalho de Baddeley & Hitch



Fonte: Baddeley (2009).

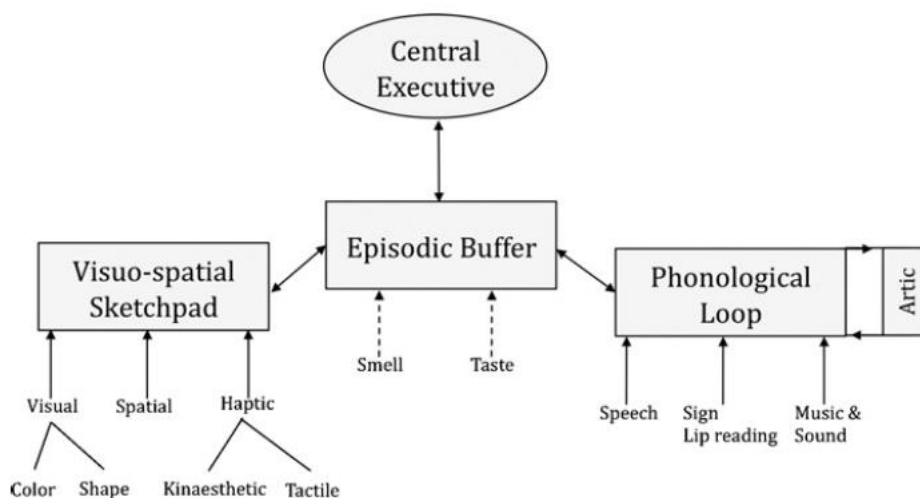
Posteriormente ao modelo inicial, indagou-se que somente a capacidade de armazenamento fornecida pelo esboço visuoespacial e pela alça fonológica não daria conta de explicar a quantidade de funções consideradas centrais para a operação da memória de trabalho, como a memória para a fala e a capacidade de extensão da memória de trabalho que varia entre os indivíduos, provocando diferentes níveis de performance (BADDELEY, ALLEN & HITCH, 2011).

Foi então em 2000 que Baddeley apresentou um novo conceito para integrar um modelo mais completo de memória de trabalho: o *episodic buffer*. Este foi apresentado na tentativa de responder a um dos maiores problemas que o modelo inicial carregava: como a memória de trabalho se relaciona com a memória de longa duração? O *episodic buffer* seria um sistema de capacidade de armazenamento limitada, controlado pelo executivo central. Esse novo componente é tido como responsável por integrar informações visuoespaciais e verbais a informações da memória de longo prazo (BADDELEY 2000, 2009).

Em um dos modelos mais recentes de memória de trabalho, o *episodic buffer* assume posição nuclear, enquanto sistema passivo, que tem uma função integrativa crucial, porque ele é tido como responsável por ligar as informações em episódios unificados a partir de diferentes dimensões (Figura 3). Nesse modelo (BADDELEY, ALLEN & HITCH, 2011), o *episodic buffer* atua como ponte de acesso consciente ao esboço visuoespacial e a alça fonológica, enquanto esses dois subsistemas atuam em um nível mais baixo hierarquicamente. O *episodic buffer*

receberia informações ligadas a olfato e paladar, ao passo que o esboço visuoespacial receberia informações visuais, espaciais, ligadas a cor, formato, cinestesia e tato. Já, na alça fonológica, informações relacionadas à linguagem podem ser combinadas, incluindo diferentes fontes, não só a fala, como a escrita, a leitura labial e até a língua de sinais. A combinação de informações forma *chunks*, uma espécie de construtos ou episódios unificados.

Figura 3 – Modelo revisado de memória de trabalho



Fonte: Baddeley, Allen & Hitch (2011).

Pesquisas com dados comportamentais bem como evidências neurocognitivas indicam diferenças entre crianças e adultos em tarefas que mobilizam funções executivas. De acordo com Diamond (2006), os primeiros sinais de funções executivas poderiam já estar evidenciados nos bebês a partir dos 8/9 meses de idade. As crianças nessa faixa etária já demonstrariam intencionalidade, o que nos sugere que elas já planejam ações direcionadas a objetivos; assim como também já estaria desenvolvida de certa forma a capacidade de inibir uma tendência de resposta e a capacidade de adaptar seu comportamento a uma mudança de cenário. Já por volta dos 2 anos de idade, a criança já teria desenvolvido também a capacidade de estabelecer conexões entre elementos fisicamente relacionados e deduzir, a partir disso, regras abstratas. Em torno dos 3 e 5 anos de vida, as crianças manifestariam uma expressiva evolução na habilidade de alternar perspectivas, o que nos remete ao conceito de flexibilidade cognitiva (RODRIGUES, 2005).

A flexibilidade cognitiva é desenvolvida mais tardiamente na infância a partir do desenvolvimento dos outros dois núcleos das funções executivas, o controle inibitório e memória de trabalho (DIAMOND, 2013; DEÁK, 2003). Tal habilidade – que permite alterar a perspectiva de enxergar algo, alternar o foco da atenção e mapear respostas – é crucial para mediar as interações sociais e proporcionar o compartilhamento de perspectivas e a compreensão de novas perspectivas. Ver algo sob outro ponto de vista implica inibir uma perspectiva inicialmente assumida e absorver a nova à memória de trabalho. Por isso, a flexibilidade cognitiva dependeria do desenvolvimento dessas outras funções cognitivas. Deák (2003) considera a flexibilidade cognitiva como uma função crítica para a linguagem, porque tal habilidade torna possível uma capacidade flexível de construir representações de significados e manipular estruturas verbais para expressar uma mudança de representação mental.

Ainda segundo Diamond (2006), dos 5 aos 11 anos de idade, nota-se um grande progresso da flexibilidade cognitiva, da memória de trabalho e da velocidade de processamento. Embora esse último componente não seja tomado como uma função executiva por razões ainda não tão claras, Diamond considera que a velocidade de processamento tem forte relação com as medidas de função executiva.

De acordo com Cepeda, Kramer & Gonzalez (2001), determinadas habilidades relacionadas às funções executivas se desenvolvem até a idade adulta, por volta dos 20 anos. Estudos com a aplicação do *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST) (teste que examina as mudanças no controle executivo com relação a alternância de tarefas ou conjunto de estímulos) em crianças e jovens, constataram que o desempenho no teste aumentava na faixa etária de 6 a 20 anos, sendo que os maiores avanços ocorreriam por volta dos 6 a 10 anos de idade. Cepeda, Kramer & Gonzales de Sather conduziram também uma pesquisa para analisar, ao longo da vida, a habilidade de alternar a execução de tarefas. Nesse trabalho, os autores concluíram que o desempenho dos participantes era melhor na faixa etária de 10 a 12 anos, mas o ápice do desenvolvimento da habilidade em questão se daria somente por volta dos 20 anos e só entraria em declínio depois dos 60 anos de idade.

Segundo Jurado & Rosselli (2007), as funções executivas estariam vulneráveis aos efeitos da idade ao longo da vida. A primeira função executiva a se manifestar na infância seria a habilidade de inibir determinados comportamentos, e

a última função executiva a emergir na criança seria a fluência verbal. Paralelamente, a capacidade de inibir informações irrelevantes é também a função executiva que sofreria declínio mais cedo no envelhecimento em relação à fluência verbal e à flexibilidade cognitiva.

3.2.

Correlações entre funções executivas e envelhecimento

Tomando o modelo de memória de trabalho de Baddeley (1986, 1992; BADDELEY & HITCH, 1974) como referência, Salthouse (1994) relata, em um estudo, que o avanço da idade no envelhecimento, aparentemente, causaria um declínio de desempenho dos três componentes da memória de trabalho.

Salthouse & Babcock (1991) encontraram uma aparente correlação entre o nível de eficiência do processamento e o desempenho da memória de trabalho no envelhecimento. Nessa pesquisa, os participantes tiveram de realizar diversas tarefas que envolvem o bom uso da memória de trabalho. Foram aplicados diversos testes que requeriam, por exemplo, armazenar na memória o último número de operações matemáticas anteriores realizadas e, ao mesmo tempo, resolver novos problemas aritméticos. Dentre as outras tarefas, também havia a de *span* auditivo, a qual avaliava a capacidade de manter na memória a última palavra de cada sentença ouvida ao passo que novas sentenças eram ouvidas e o indivíduo tinha de responder sempre a uma questão sobre cada sentença. Os participantes tinham que, basicamente, conciliar duas operações ao mesmo tempo: manter na memória informações acumuladas ao longo do teste, como demandado, enquanto novas informações eram processadas.

Nesse experimento, os autores chegaram à conclusão de que a performance do processamento parece ser o fator determinante mais importante para o desempenho da memória de trabalho. Esse resultado corrobora o que Salthouse & Babcock reportam sobre outros estudos, os quais sugerem também uma associação entre o declínio da capacidade da memória de trabalho e um declínio da eficiência de processamento.

Um teste neuropsicológico muito comum que avalia a memória de trabalho é o *Span* de Dígitos (COALSON et al., 2010). Ele é um subteste da Escala Wechsler de Inteligência para Adultos (WAIS – Wechsler Adult Intelligence Scale). O *Span*

de Dígitos mede até quantos números o participante consegue armazenar na memória de curto prazo e requer atenção. O participante ouve sequências de números e tem de repeti-las na ordem direta e, em outro momento do teste, na ordem inversa. A memória de curto prazo envolve a manutenção da informação em mente por um curto período de tempo. Glisky (2007) afirma que os idosos apresentam um mínimo ou nenhum déficit na memória de curto prazo. No entanto, quando o teste requer que o participante repita na ordem inversa a sequência de números ouvidos, tal tarefa exige o uso da memória de trabalho, porquanto espera-se uma reorganização ativa da informação mantida na memória de curto prazo.

Quanto ao funcionamento da memória de trabalho, Glisky considera que esta, por sua vez, estaria afetada no envelhecimento. A autora descreve a memória de trabalho nesse sentido como uma tarefa de atenção dividida, porque, enquanto o indivíduo tem de conseguir manter na memória um conteúdo, é necessário manipular esse conteúdo com outro propósito. É isso que acontece no Teste de Dígitos, na parte em que o participante deve passar a sequência de números ouvidos para a ordem inversa, isto é, ele tem de memorizar os números ouvidos, mantê-los na memória e, ao mesmo tempo, reorganizar a ordem desses números para, então, fornecer a resposta correta exigida pela tarefa. Os idosos demonstrariam estar mais impactados na capacidade de dividir a atenção do que os adultos jovens quando as demandas atencionais das tarefas são altas. No envelhecimento, a capacidade de alocar os recursos adequadamente para atender à mudança de prioridade da tarefa sofreria declínio (TSANG & SHANER, 1998).

Hasher & Zacks (1988) consideram que a eficiência da memória de trabalho e da atenção seletiva está atrelada a um bom funcionamento do controle inibitório, porque este pode evitar que informações irrelevantes para a execução da tarefa sejam absorvidas pela memória operacional. Para esses autores, os mecanismos de inibição, por exemplo, são essenciais para a compreensão da linguagem, porque restringem a entrada de informações disponíveis ao longo do processo na memória de trabalho. E a eficiência no desempenho da tarefa depende da inibição de informações não úteis para se chegar ao significado objetivo da mensagem. Hasher & Zacks reportam indícios de que, no envelhecimento, haveria uma redução da capacidade de inibir informações inadequadas para o sucesso da tarefa. Os autores propõem um entendimento de que esse declínio pode afetar o funcionamento

eficiente da memória de trabalho, a qual depende do papel de filtro de informações do controle inibitório.

O resultado de um experimento de May & Hasher (1998) sugere que os idosos apresentam maior dificuldade, em comparação aos adultos jovens, de inibir as primeiras respostas potenciais, que, no entanto, se mostravam incorretas em um momento seguinte da tarefa. Foi aplicado um teste em que os participantes tinham de completar o final da frase com uma palavra potencial, a mais óbvia de acordo com o contexto. Contudo, quando a frase era apresentada inteira para os participantes, nem sempre a resposta previsível se confirmava, e era exigido que os participantes recuperassem, então, a resposta certa, tendo de inibir, portanto, a resposta anterior saliente, que eles imaginavam ser a correta inicialmente. Por exemplo, o participante era exposto à seguinte sentença: “Before you go to bed turn off the ____.” (“Antes de ir para a cama, desligue a/o ____”), cuja palavra final esperada era “lights” (“as luzes”), mas, na verdade, a tarefa, em um segundo momento, mostrava “stove” (“fogão”) na lacuna a ser preenchida, como uma espécie de gabarito. Percebe-se que a resposta inicial previsível não se confirma posteriormente na tarefa e atua como uma interferência no momento em que o participante do teste deve, na verdade, lembrar-se da palavra apresentada quando a lacuna foi preenchida (no caso, “fogão”).

Zacks & Hasher (1997) relatam que os idosos demonstram uma maior dificuldade de lidar com a distração do que os adultos jovens. Em um teste de leitura com interferências, os idosos foram mais impactados pelas distrações do que os adultos jovens, principalmente quando o desvio da atenção tinha alguma relação de sentido com a informação alvo (CONNELLY, HASHER & ZACKS, 1991). Essa capacidade de manter o foco no estímulo alvo e evitar a interferência de distrações para o objetivo da tarefa está intimamente ligada ao conceito de atenção seletiva (GLISKY, 2007). E, como Diamond (2013) sustenta, a atenção seletiva é um componente do controle inibitório, um dos núcleos das funções executivas.

Connelly, Hasher & Zacks (1991) relatam uma considerável evidência de que alguns aspectos da atenção seletiva estariam afetados no envelhecimento. Segundo esses autores, sob condição de atenção dividida ou de busca da informação pertinente, em que a localização da informação alvo é imprevisível, déficits se manifestariam e seriam decorrentes do envelhecimento. Em situações opostas, nas quais a atenção não está dividida ou quando a informação pertinente está evidente,

a diferença de performance entre idosos e adultos jovens teria sido menos aparente. Nas condições iniciais descritas acima, os idosos teriam mais dificuldade de manter o foco em informações estritamente relevantes para a execução da tarefa.

Zacks & Hasher (1997) salientam que a localização da distração pode influenciar no desempenho do idoso. Se a distração, mesmo que seja altamente perturbadora, estiver localizada em uma posição fixa, logo previsível, não há uma diferença de performance prejudicada de maneira significativa entre idosos e adultos jovens. Essa afirmação é feita com base no experimento elaborado por Carlson et al. (1995), no qual o participante tinha de ler um texto em que havia trechos escritos distratores, não relacionados semanticamente com o texto alvo. A distração aparecia sempre abaixo de cada linha do texto alvo. Dessa forma, os idosos poderiam usar as posições fixas da distração de modo a estabelecer uma padronização da localização dos elementos distratores para conseguir inibir, de certa forma, o impacto da distração sobre a leitura do texto alvo.

Segundo Glisky (2007), a atenção é uma função cognitiva básica, porém se constitui em um processo cognitivo complexo, porque envolve múltiplos subprocessos especializados para diferentes aspectos do processamento da atenção. Por exemplo, a atenção seletiva, como já visto acima, refere-se à habilidade de restringir a atenção, de forma a inibir interferências de outros estímulos salientes, que são, no entanto, irrelevantes para a demanda do momento.

Para avaliar a capacidade inibitória, é comumente utilizado o teste Stroop, que foi desenvolvido em 1935 por John Ridley Stroop. Por isso, o teste leva seu nome. O Stroop (STROOP, 1935) consiste em uma tarefa na qual são apresentados nomes de cores, mas o participante deve inibir a leitura dos nomes e dizer somente a cor em que as palavras estão escritas. A dificuldade da tarefa está no fato de que tais nomes de cores estão incongruentes com a cor da fonte gráfica da palavra (ex.: “amarelo” aparece escrito em verde). Logo, o conteúdo semântico da palavra se torna um fator de interferência nessa atividade. Dessa forma, o participante, para conseguir realizar a atividade do teste, deve selecionar a atenção para somente a cor da grafia.

Glisky relata que, na tarefa descrita acima, não haveria uma diferença significativa entre idosos e adultos jovens quanto à capacidade de manter o foco e que os déficits dos idosos nesse teste poderiam ser um indício, na verdade, de um processamento de informação mais lento do que nos adultos jovens, visto que o

tempo de resposta aos alvos se mostra geralmente mais devagar nos idosos (MCDOWD & SHAW, 2000; VERHAEGHEN & CERELLA, 2002). Para Glisky, não haveria, portanto, no envelhecimento natural, déficits de atenção seletiva, mas sim um declínio geral na velocidade de processamento da informação.

A partir da análise de desempenho de idosos no teste Stroop, alguns estudos apontam, de fato, um declínio do controle inibitório no envelhecimento (HASHER & ZACKS, 1988; COHN, DUSTMAN & BRADFORD, 1984; COMALLI, WAPNER & WERNER, 1962). Os idosos demonstraram estar mais impactados pelo efeito de interferência das palavras referentes a cores do que os adultos jovens.

Em uma perspectiva neurológica, de acordo com Glisky (2007), o controle executivo depende crucialmente do córtex pré-frontal, o qual exerce uma forte influência através das extensas conexões recíprocas com regiões corticais posteriores. A partir de estudos de neuroimagem, observa-se, no envelhecimento saudável, um declínio em volume e função das regiões pré-frontais do cérebro.

Glisky relata que as mudanças estruturais e funcionais no cérebro decorrentes do envelhecimento não ocorrem de maneira uniforme como também não são uniformes entre todos os indivíduos. Contudo, como já abordado acima em mais detalhes, essa autora aponta que as funções cognitivas básicas mais afetadas no envelhecimento são a atenção e a memória, não como um todo, mas em alguns aspectos, os quais sofrem um declínio significativo. Tais mudanças que ocorrem no cérebro estariam associadas a essas alterações nas funções cognitivas. Como vimos ao longo desta subseção, há uma considerável evidência de que o comprometimento das funções executivas pode afetar o desempenho em diversas tarefas cognitivas complexas, pois as funções executivas são responsáveis por controlar e coordenar vários componentes dessas tarefas (GLISKY, 2007).

Resultados de pesquisas com ressonância magnética funcional evidenciam diferenças de atividade cerebral entre indivíduos mais jovens e mais velhos, em especial em condições de alta demanda de controle executivo (TURNER & SPRENG, 2012). O padrão de atividade cerebral relacionado à idade mais comumente reportado nesses trabalhos é o aumento no recrutamento de aspectos laterais do córtex pré-frontal bilateralmente. Durante o uso da memória de trabalho, os adultos jovens ativariam regiões corticais pré-frontais laterais, o que caracteriza uma típica lateralização esquerda. Por outro lado, nos idosos, a memória de trabalho também envolveria regiões do córtex pré-frontal, porém, em comparação aos

adultos jovens, a resposta neural seria maior e mais bilateral em baixos níveis de demanda de tarefa. Turner & Spreng (2012) ponderam que esse comportamento no envelhecimento reflete uma modulação mais pobre da atividade cerebral pré-frontal diante de um aumento na carga da memória de trabalho.

Cabeza et al. (2002) também reportam que, no envelhecimento natural, ocorrem mudanças anatômicas e fisiológicas no cérebro, a partir da reorganização de funções. Um estudo de Cabeza et al. (1997) mostrou que, em comparação aos adultos jovens, os idosos também demonstraram uma maior ativação bilateral do córtex pré-frontal durante uma tarefa de recuperação verbal (o participante tinha de lembrar-se da palavra apresentada anteriormente). Esse resultado converge com o que Turner & Spreng reportam. Para Cabeza et al. (1997), esse padrão de ativação bilateral é caracterizado como uma compensação funcional do cérebro.

Esses autores atribuem tal alteração na assimetria hemisférica durante a tarefa de recuperação verbal a um fenômeno de envelhecimento geral, e não como reflexo simplesmente da ocorrência de uma tarefa específica, visto que, sob circunstâncias similares, durante performances cognitivas, a atividade do córtex pré-frontal tenderia a ser menos lateralizada em idosos do que em adultos jovens. De acordo com Kirova, Bays & Lagalwar. (2015), dados comportamentais e dados obtidos por neuroimagem indicam que os idosos compensariam os declínios decorrentes do envelhecimento a partir da ativação de redes neurais adicionais de modo a manter o desempenho na tarefa a baixos níveis de complexidade.

3.3.

A linguagem e as funções executivas no envelhecimento

Diferentes modelos cognitivos acerca do processamento linguístico em idosos têm sido propostos pelos pesquisadores que investigam linguagem e envelhecimento (BURKE & SHAFTO, 2008). Uma das importantes tarefas desses modelos é explicar por que algumas funções linguísticas parecem sofrer algum tipo de perda ou declínio com a idade enquanto outras não.

Entre os fatores que poderiam justificar essas diferenças em relação ao que, em termos linguísticos, é afetado em idosos estão exatamente fatores associados às chamadas funções executivas, em especial memória de trabalho e controle inibitório.

As teorias que atribuem as dificuldades de processamento linguístico à **memória de trabalho** postulam que os idosos sofrem reduções em sua capacidade de memória de trabalho e que isso acaba por limitar sua capacidade de compreensão e de produção de conteúdo semântico complexo e também de estruturas sintáticas complexas (KEMPER & KEMTES, 1999).

Just & Carpenter (1992) propõem uma teoria sobre a forma como a capacidade da memória de trabalho restringe a compreensão da linguagem. Esses autores defendem a memória de trabalho como uma função muito importante para a compreensão porquanto esta envolve o processamento de uma sequência de símbolos e o ouvinte ou leitor deve construir representações e integrar ideias a partir do fluxo sucessivo de palavras que compõem o discurso.

Just & Carpenter apresentam uma visão de memória de trabalho que leva em conta não só o armazenamento de itens para uma recuperação destes posteriormente, mas vai além: envolve uma capacidade de armazenar resultados parciais de uma sequência de computações complexas, que é o que permite a compreensão da linguagem, por exemplo. Com base nessa afirmação, os autores explicam que, na compreensão de um texto ou discurso, o leitor ou ouvinte deve estar apto a recuperar, na sentença que está sendo lida, algumas representações de palavras ou frases precedentes, para que ele ainda possa relacionar essas informações acumuladas e novas que vão surgindo a palavras e frases posteriores.

Para Just & Carpenter, a demanda de armazenamento ocorre em vários outros níveis de processamento também. Eles elencam que o leitor de um texto, por exemplo, deve armazenar na memória o tema de que se trata o texto, a representação da situação a que isso se refere, as principais proposições de sentenças anteriores, e uma representação das sentenças que estão sendo lidas no momento. Isso significa que o leitor não está recuperando as informações lidas anteriormente integralmente, mas destacando alguns pontos considerados mais relevantes para que a compreensão de um texto longo, a qual é uma representação que vai sendo construída ao longo da leitura, seja possível. O que Just & Carpenter estão chamando de armazenamento parcial pode também ser interpretado como um armazenamento sintético.

De acordo com Just & Carpenter, quando a estrutura sintática exige uma demanda maior da memória de trabalho, os idosos sofrem um declínio de desempenho no processamento dessa estrutura.

A partir de um estudo de Kemper (1986), Just & Carpenter relatam que os idosos tiveram um desempenho pior do que os jovens em uma tarefa na qual tinham de repetir sentenças de variados tipos. Os idosos apresentaram uma maior dificuldade justamente em sentenças com estrutura sintática mais complexa, particularmente com as longas que continham uma oração encaixada no início da frase, como em “The cookies that I baked yesterday for my grandchildren were delicious” (“Os biscoitos que eu asseï ontem para os meus netos estavam deliciosos”). Esse tipo de estrutura requer uma maior demanda da memória de trabalho, porque o processamento da oração principal é interrompido pelo processamento de uma oração encaixada longa. No desempenho ideal, o leitor deve concomitantemente manter na memória “The cookies”, processar a oração encaixada “that I baked yesterday for my grandchildren” e, em seguida, recuperar “The cookies” como sujeito de “were delicious”, sem deixar de integrar o sujeito à oração restritiva que o especifica, de forma que a sentença seja compreendida em sua plenitude independentemente dessa interrupção. Ainda nesse estudo, também foi observada uma dificuldade nos idosos com relação a sentenças contendo uma oração encaixada no fim da frase. Por outro lado, quando era necessário repetir uma sentença com uma oração encaixada curta, não houve aparente diferença entre idosos e jovens.

Uma questão relevante ao discutir-se o papel da memória de trabalho no processamento linguístico diz respeito a se a linguagem e outras funções cognitivas compartilhariam a mesma capacidade de memória de trabalho que é mensurada em testes de *span* tradicionais. Conforme apresentam Burke & Shafto (2008), diferentemente do que postulam Just & Carpenter (1992); Caplan & Waters (1999; WATERS & CAPLAN, 2001, 2005) defendem que haveria uma memória de trabalho especializada, dedicada ao processamento *on-line* de sentenças e que não estaria relacionada a medidas tradicionais de *span*. Segundo estes pesquisadores, tais medidas tradicionais de *span* estariam relacionadas a processos pós-interpretativos que seriam controlados e conscientes. Este é um ponto importante a se considerar quando se investigam processos linguísticos online (mais automáticos, não conscientes) e processos *off-line*.

Em relação às **teorias que propõem déficits inibitórios**, tem-se afirmado que a idade enfraqueceria os processos inibitórios que regulam a atenção e também conteúdos da memória de trabalho. Defende-se que processos inibitórios podem

afetar uma ampla gama de processos cognitivos, entre os quais a compreensão e a produção da linguagem (HASHER et al. 2007; HASHER & ZACKS, 1988; ZACKS & HASHER, 1997, entre outros). Conforme visto na subsecção anterior, Hasher e colaboradores entendem que o controle inibitório exerce um papel importante no sentido de impedir que informações irrelevantes sejam absorvidas pela memória de trabalho. Ao contrário do que afirmam teorias acerca da memória de trabalho que sustentam que “quanto maior, melhor”, os autores defendem a posição de que uma memória de trabalho com foco estreito, no lugar de uma muito ampla, é o sistema de processamento ideal, e os processos inibitórios teriam um papel exatamente de restringir o que será processado pela memória de trabalho, maximizando a velocidade e a acurácia do processamento *on-line* (HASHER et al. 2007).

Um conjunto de trabalhos têm apontado para o papel de processos inibitórios no processamento linguístico no nível do discurso (HAMM & HASHER, 1992; CONNELLY, HASHER & ZACKS, 1991; HARTMAN & HASHER, 1991). Esses estudos indicam que os idosos, em comparação aos adultos jovens, têm mais dificuldade de inibir informação irrelevante.

A título de ilustração, vejamos o experimento de Hasher & Zacks (1988), no qual os pesquisadores buscaram investigar se um declínio da capacidade de armazenamento da memória de trabalho poderia acarretar problemas na capacidade de criar e recordar inferências, quando estas são mais complexas e requerem uma maior demanda de armazenamento. A habilidade de inferir permite que o indivíduo estabeleça uma representação coerente e integrada do texto, sendo, portanto, indispensável para a compreensão da linguagem, que requer a recuperação de informações cruciais para o entendimento, as quais podem referir-se, por exemplo, ao contexto da comunicação, a conhecimentos implícitos ou memória de eventos em comum. Estudos anteriores, na década de 1980, já concluíam que a capacidade de fazer inferência sofreria declínio de fato no envelhecimento (KEMPER, 1986 apud BELMORE, 1981; COHEN, 1979; COHEN & FAULKNER, 1981; TAUB, 1979).

Na pesquisa de Hasher & Zacks, os participantes tiveram de ler parágrafos que exigiam uma demanda de armazenamento variável na memória de trabalho para que as inferências necessárias fossem estabelecidas. Foram apresentadas três versões diferentes de uma passagem narrativa: uma versão em que a inferência alvo

era explícita, uma em que a inferência alvo era implícita e esperada e uma em que a inferência alvo era implícita, mas não esperada. No caso, os participantes, em determinado momento, liam que o sujeito retratado na história, que era um artista, recebia uma ligação dizendo que tinha mais três meses (de vida). A questão gira em torno sobre a que se refere esses três meses e como estão disponíveis as informações relevantes para fazer inferências. Na versão explícita, fica claro que o sujeito tinha mais três meses de vida. Na versão esperada, fica subentendido que são mais três meses de vida. E, na versão não esperada, inicialmente, o sujeito é induzido, por referências no texto, a entender que são três meses de prazo para entregar uma pintura pronta, porém, no desenrolar do parágrafo, o leitor tem de fazer uma reanálise de sua inferência inicial, que passa a estar equivocada por conta de novas informações que surgem e levam a uma possível interpretação de que os meses em questão se referem à expectativa de vida. Essa versão não esperada é assumida como a que traria mais custo para o armazenamento da memória de trabalho.

Na condição explícita, o desempenho de idosos e adultos jovens com relação à capacidade de realizar a inferência alvo foi equivalente. Já nas condições implícitas, os idosos demonstraram uma maior dificuldade em estabelecer a inferência alvo. Para Hasher & Zacks, esse resultado reforça a ideia de que os idosos, em comparação aos jovens, teriam uma maior dificuldade de recuperar da memória de trabalho as informações necessárias para gerar a inferência não esperada desejável, muito mais complexa do que a inferência esperada. O controle inibitório teria um papel fundamental de limitar a entrada de informações irrelevantes nesse processo.

No nível lexical, Burke & MacKay (1997) apontam um fenômeno cognitivo associado à linguagem, o chamado estado TOT (*Tip of the Tongue* – palavra na ponta da língua), como uma evidência de que o envelhecimento saudável estaria acompanhado de um déficit do controle inibitório. Os autores verificaram que – nesse estado, em que ocorre uma falha na recuperação de uma dada palavra na memória de trabalho – os idosos, no lugar da palavra desejada, recuperariam palavras incorretas repetidamente, e a interferência dessas palavras incorretas atrasaria a resolução do TOT. Um aspecto importante observado pelos pesquisadores é que as palavras incorretas compartilhavam traços fonológicos e classe gramatical com a palavra alvo.

No nível sintático, ainda são poucos os trabalhos que exploram o papel de processos inibitórios no processamento de sentenças por indivíduos idosos. Na próxima seção, será apresentado o estudo de Christianson et al. (2006), envolvendo ambiguidades temporárias similares às que são examinadas na presente dissertação. Os autores argumentam que dificuldades com esse tipo de sentença, em indivíduos de qualquer idade, podem estar associadas à inabilidade de inibir uma interpretação inicial incorreta da sentença e que isso seria agravado com a idade. Esse ponto será desenvolvido na próxima seção em que trataremos especificamente das chamadas sentenças *garden-path*. Também na próxima seção, será visto como uma redução na capacidade de memória de trabalho pode afetar o processamento desse tipo de estrutura, em especial quando há um incremento na complexidade sintática de tais sentenças.