

ESTUDOS COMPORTAMENTAIS E DE NEUROIMAGEM SOBRE MULTITAREFA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Cyntia BAILER*

Lêda Maria Braga TOMITCH**

- **RESUMO:** Esta revisão de literatura objetiva articular evidências de estudos comportamentais e de neuroimagem que têm sido conduzidos sobre multitarefa, nos quais pelo menos uma das tarefas envolve linguagem. De forma bem simples, ser multitarefa é lidar com mais de uma tarefa ao mesmo tempo. Achados de seis estudos comportamentais e de cinco estudos de neuroimagem foram articulados com a literatura para corroborar duas hipóteses consagradas na área, de que (1) ser multitarefa resulta em demonstrar desempenho inferior em uma das tarefas (PASHLER, 1994; SCHMIDT, 2001), e de que (2) ser multitarefa envolve sincronizar e utilizar de forma mais eficiente os recursos neuronais disponíveis (SALVUCCI; TAATGEN, 2011; JUST; BUCHWEITZ, 2014). Os estudos selecionados investigam compreensão auditiva e direção; compreensão auditiva e desempenho de tarefas de rotação mental; escuta dicótica e compreensão; leitura/participação em palestra e envio de mensagens; bilinguismo; o papel da inteligência e da capacidade de memória de trabalho; os efeitos do treinamento; e as escolhas multitarefa em gerações diferentes. Os resultados advindos dos estudos revisados corroboram a literatura e mostram que menos *voxels* são ativados em uma rede de áreas cerebrais em situação multitarefa que ao desempenhar as tarefas individualmente. Implicações dos achados para a educação também são tratados na revisão. Estudos futuros podem contribuir ao pesquisar os mecanismos cerebrais que permitem e limitam os indivíduos ser multitarefa, os efeitos do aprendizado em condições de distração bem como a maneira como o ensino pode evoluir para guiar as novas gerações.
- **PALAVRAS-CHAVE:** Multitarefa. Dupla tarefa. Estudos comportamentais. fMRI. Revisão de literatura.

Introdução

O tema ‘multitarefa’ vêm interessando, cada vez mais, um número de pesquisadores nos últimos vinte anos. Ao digitar ‘multitarefa’ no mecanismo de busca do Portal de

* UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Língua e Literatura Estrangeiras - Pós-Graduação em Inglês. Florianópolis – SC – Brasil. 88040-900 – cyntiabailer@gmail.com

** UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Língua e Literatura Estrangeiras - Pós-Graduação em Inglês. Florianópolis – SC – Brasil. 88040-900 – leda@cce.ufsc.br

Periódicos CAPES¹, foi possível encontrar o número de 5.610 estudos (em 16 de agosto de 2015). O termo ‘multitarefa’ apresenta dois usos distintos: (1) “a execução simultânea de mais de um programa ou tarefa por um único processador de computador”; e (2) “o manejo de mais de uma tarefa ao mesmo tempo por uma única pessoa” (MULTITASKING, 2015, tradução nossa)². Como o foco deste artigo está na segunda definição proposta pelo dicionário Oxford, os artigos relacionados à computação foram descartados. Dos iniciais 5.610 artigos, mantivemos 1.375 publicados no período 1995-2015, e 1.085, no período 2005-2015. A maioria dos artigos publicados nos últimos vinte anos foram escritos em inglês (1.349) e publicados em periódicos internacionais de renome, por exemplo, *Computers in Human Behavior* (40), *Plos ONE* (22), *Computers & Education* (15), *Experimental Brain Research* (9), *Neuropsychologia* (9), *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* (8).

A vida moderna exige que os indivíduos sejam multitarefa. Eventos múltiplos acontecem simultaneamente e os indivíduos precisam lidar com tais eventos imediatamente e concomitantemente. Conforme a tecnologia se desenvolve, as pessoas têm ao seu dispor novos equipamentos de comunicação, multiplicando a quantidade de informação disponível que temos para processar. De acordo com Ophir, Nass e Wagner (2009), nós vivemos num ambiente de mídia saturado no qual consumimos mais de um fluxo de informação ao mesmo tempo, e desempenhamos mais de uma tarefa ao mesmo tempo. Ser multitarefa pode parecer tão fácil que muitas vezes não percebemos que estamos fazendo várias coisas ao mesmo tempo, como *falar* enquanto *andamos*, *tomamos banho*, ou *fazemos uma refeição*; *misturar ingredientes* enquanto *lemos uma receita*; *ouvir uma palestra* enquanto *tomamos notas*; entre muitas outras tarefas. Em outros momentos, ser multitarefa se torna mais difícil, penoso ou até impossível, como quando as pessoas estão tentando *dirigir* enquanto *examinam um equipamento de navegação*; quando tentam *ler um artigo acadêmico* enquanto *ouvem outras pessoas falando* sobre um assunto interessante; ou quando *desempenham um teste de memória de trabalho* no qual você tem que processar informação enquanto *armazena outros tipos de informação*. Situações da vida real exigem habilidades multitarefa. Praticar é uma das maneiras mais óbvias de aliviar a carga multitarefa. Por exemplo, quando iniciamos o aprendizado de uma língua estrangeira, tudo parece tão difícil; é difícil pronunciar as palavras, colocá-las em frases gramaticalmente corretas; mas logo cada subprocesso se torna mais fácil, alguns processos são automatizados e o indivíduo pode produzir e compreender um discurso coerente com fluência (SKEHAN, 1998). Esse processo leva tempo e exige esforço, mas é um exemplo da quantidade de prática necessária para se alcançar um nível especializado em qualquer campo do conhecimento. De acordo com Schmidt (2001), processos automáticos exigem pouca ou nenhuma atenção enquanto

¹ É um sítio criado pela CAPES e o governo brasileiro onde pesquisadores e alunos brasileiros de diferentes áreas do conhecimento têm à sua disposição uma ampla variedade de artigos científicos publicados no mundo todo. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 16 ago. 2015.

² (1) “the simultaneous execution of more than one program or task by a single computer processor”; and (2) “the handling of more than one task at the same time by a single person” (MULTITASKING, 2015).

processos controlados necessitam de atenção e interferem com os outros processos que também exigem atenção.

Ser multitarefa é uma competência fundamental que desempenhamos diariamente. Apesar de desempenharmos tão bem, nós temos dificuldades para explicar e entender tal proeza. Além disso, o aumento na quantidade de informações disponíveis, que é uma consequência de vivermos no mundo da alta tecnologia, revela duas questões: se nossos cérebros dão conta de processar mais de um fluxo de informação de cada vez, e como. Com o advento das ferramentas de neuroimagem que nos permitem observar o cérebro saudável funcionando, desvendar os mecanismos cerebrais que apoiam e limitam nossa habilidade de ser multitarefa é um desafio científico (JUST; BUCHWEITZ, 2014). Um desafio ainda maior é aplicar tais achados para aprimorar o aprendizado e o desempenho nas escolas, no trabalho e nos contextos de lazer.

A seguir, estudos inovadores comportamentais e de neuroimagem, nos quais pelo menos uma das tarefas envolve linguagem, são examinados brevemente com foco nos padrões que emergem dos dados. O maior objetivo do presente artigo é articular evidências de tais estudos para corroborar as seguintes hipóteses: (1) de que ser multitarefa normalmente resulta em demonstrar desempenho inferior em uma das tarefas se comparado ao desempenho da tarefa realizada isoladamente (PASHLER, 1994; SCHMIDT, 2001); (2) de que ser multitarefa não envolve apenas recrutar mais áreas cerebrais, mas sim, sincronizar e utilizar de forma mais eficiente os recursos neuronais disponíveis (SALVUCCI; TAATGEN, 2011; JUST; BUCHWEITZ, 2014). Neste artigo, buscamos entender como a situação multitarefa acontece no cérebro, como nossos cérebros lidam com a incumbência de processar várias tarefas, vários fluxos de informação de uma vez. Além disso, objetivamos revisar estudos que investigaram como o aprendizado e o desempenho acontecem sob condições de distração. Para se alcançar tais objetivos, seis estudos comportamentais e cinco de neuroimagem foram selecionados. Acredita-se que eles representem as principais áreas exploradas por estudos de multitarefa nos quais pelo menos uma das tarefas envolva linguagem.

Para acomodar os objetivos, o presente artigo está dividido em três subseções: (a) estudos comportamentais sobre multitarefa; (b) estudos de neuroimagem sobre multitarefa; e (c) considerações finais. O conteúdo em cada subseção está organizado por tema em vez de cronologicamente. Na primeira subseção, os achados de seis estudos comportamentais são articulados: primeiro, (i) dois estudos sobre compreensão de linguagem e envio de mensagens; (ii) um estudo sobre os benefícios do bilinguismo na situação multitarefa; (iii) um estudo sobre compreensão de linguagem e direção; (iv) um estudo sobre o papel da inteligência e da capacidade de memória de trabalho no desempenho multitarefa; e por último, mas não menos importante, (v) um estudo sobre as escolhas multitarefa em gerações diferentes. Na segunda subseção, os resultados de cinco estudos de neuroimagem são articulados: primeiro, (i) um estudo sobre multitarefa numa amostra de participantes com lesões cerebrais; (ii) um estudo sobre escuta dicótica (ouvir uma voz em um ouvido e outra voz no outro ouvido); (iii) um

estudo sobre o impacto da compreensão auditiva no desempenho da tarefa de dirigir; (iv) um estudo sobre compreensão auditiva e o desempenho simultâneo de tarefas de rotação mental; e por último, mas não menos importante, (v) um estudo sobre como o cérebro humano responde a um treinamento multitarefa. Na última subseção, os principais achados são rememorados à luz da literatura e algumas reflexões em relação à educação são oferecidas.

Estudos comportamentais sobre multitarefa

A literatura da área cognitiva sugere que nossa capacidade para processar informação é limitada (KAHNEMAN, 1973). Devido às limitações em capacidade, dividir atenção entre uma ou mais tarefas diferentes leva a uma diminuição no desempenho (PASHLER, 1994). Há muitos estudos comportamentais publicados sobre multitarefa e atenção, mas dados os objetivos e os limites deste artigo, apenas seis estudos recentes representativos de cinco áreas temáticas serão discutidos.

Primeiro, vamos começar examinando evidências empíricas sobre a possibilidade da situação multitarefa afetar o desempenho de alunos em contextos de aprendizagem. Bowman et al. (2010) investigaram os efeitos de alunos receberem mensagens instantâneas enquanto liam um livro didático. O estudo experimental criou uma situação na qual 89 alunos universitários leram um trecho de um livro didático *online* enquanto recebiam e respondiam mensagens instantâneas. Os pesquisadores acompanharam o tempo que os alunos levaram para ler o trecho, testaram o entendimento dos alunos sobre o trecho e compararam o desempenho dos alunos do grupo experimental com o desempenho dos alunos que não eram interrompidos por mensagens instantâneas (grupo controle). O grupo experimental foi dividido em dois: no primeiro grupo, os participantes recebiam mensagens antes de ler o texto e no segundo grupo, eles recebiam mensagens enquanto liam o texto. Conforme esperado, os alunos levaram significativamente mais tempo para ler o trecho quando usavam mensagens instantâneas comparado aos alunos que usavam mensagens antes da leitura e aos alunos que não recebiam nem enviavam mensagens. Contrário ao que se previa (que a situação multitarefa levaria os alunos a processar o trecho superficialmente), não houve diferenças significativas no desempenho no teste de compreensão. Portanto, pode-se concluir que os alunos “realmente precisam de mais tempo para alcançar o mesmo nível de desempenho numa tarefa acadêmica” (BOWMAN et al., 2010, p.931, tradução nossa)³ quando eles se encontram em situação multitarefa. A presente revisão de literatura questiona alguns aspectos metodológicos encontrados no estudo de Bowman et al. (2010), como o instrumento usado para medir compreensão leitora (teste de múltipla escolha) e as instruções iniciais dadas aos participantes (os alunos do grupo que recebia mensagens antes de ler o trecho, por exemplo, sabiam que não seriam interrompidos durante a leitura, enquanto os alunos

³ “*actually need more time to achieve the same level of performance on an academic task*” (BOWMAN et al., 2010, p.931).

dos outros grupos não receberam nenhuma instrução relacionada a isso). Apesar dessas questões, o estudo destaca que os alunos que trocam mensagens enquanto estudam podem pensar que estão realizando mais ao desempenhar duas tarefas ao mesmo tempo, mas na verdade, estão levando mais tempo para atingir o mesmo nível de desempenho em uma tarefa de leitura/compreensão, se comparado aos alunos que se dedicam à leitura unicamente.

Seguindo pelo mesmo tema, Ellis, Daniels e Jauregui (2010) desenharam um estudo para explorar empiricamente se a situação multitarefa no contexto da sala de aula afeta o desempenho de 62 alunos universitários de administração em termos de nota. Os participantes, alunos de uma universidade norte-americana, frequentaram uma aula expositiva e subsequentemente responderam um teste sobre o conteúdo da palestra (eles não sabiam previamente que seriam testados). Trinta e um alunos foram alocados aleatoriamente no grupo experimental e foram instruídos a enviar três mensagens através de seus celulares para o professor durante a aula enquanto 31 alunos do grupo controle foram instruídos a prestar atenção na aula e não poderiam ter seus celulares ligados. Todos os participantes foram instruídos a não conversar com colegas durante a aula para garantir o anonimato sobre o estudo. Os resultados mostram que os alunos do grupo experimental obtiveram notas inferiores no teste que os alunos do grupo controle. Da amostra, 26 eram homens e 36, mulheres, e a análise revelou que a variável gênero não afeta o desempenho. No geral, os resultados estão de acordo com a ideia de que a situação multitarefa reduz a habilidade do cérebro de recuperar informações de forma eficiente. Nas palavras dos autores, “[...] as evidências mostram que existe um custo associado a desempenhar mais de uma tarefa no ambiente de aprendizagem: desempenho mais baixo em termos de nota [...]” (ELLIS; DANIELS; JAUREGUI, 2010, p.6). Os dois estudos, Bowman et al. (2010) e Ellis, Daniels e Jauregui (2010), abordam os efeitos de receber e enviar mensagens no desempenho acadêmico. Nas salas de aula ao redor do mundo, professores encontram alunos usando mídia para finalidades sociais que os distraem das tarefas acadêmicas. Não obstante, ferramentas tecnológicas de mídia têm um grande potencial para reforçar a aprendizagem, se usadas apropriadamente. Portanto, é relevante se discutir no campo educacional como ajudar os alunos a se tornarem letrados em mídia (do inglês *media literate*, que é aquele capaz de acessar, analisar, avaliar e criar mídia), e também como ajudá-los a lidar com situações multitarefa.

Como discutimos a questão da multitarefa em contextos de aprendizagem, parece pertinente trazer à tona a questão do bilinguismo. De acordo com Grosjean (2012), o bilinguismo é um fenômeno mundial. Alguns países apoiam populações bilíngues principalmente por causa da diversidade cultural e linguística dos seus cidadãos. Além disso, o aumento das possibilidades de deslocamento ao redor do globo tem ampliado o número de indivíduos que se tornam bilíngues. Todavia, o que um indivíduo precisa fazer para ser considerado um bilíngue? Grosjean (2012, p.04, tradução nossa) define bilíngues como “aqueles que usam duas ou mais línguas (ou dialetos)

no seu cotidiano”⁴. Os bilíngues não formam um grupo homogêneo, eles diferem em diversos aspectos: idade e modo de aquisição, nível de proficiência, e quanto e em quais contextos usam as línguas. Os bilíngues têm de controlar, regularmente, qual língua escolher num certo contexto e inibir a interferência da língua que não está em uso. Poarch e Bialystok (2015, p.121, tradução nossa) postulam que “este processo faz todo o uso linguístico dos bilíngues um modelo para multitarefa linguística”⁵. Eles argumentam que a experiência bilíngue reforça o conjunto de processos de função executiva que são essenciais para o bom desempenho em situação multitarefa. Dessa maneira, eles levantam a hipótese de que os bilíngues devem ser melhores em situação multitarefa do que os monolíngues.

Na tentativa de fornecer evidência empírica para tal posição, Poarch e Bialystok (2015) recrutaram 203 crianças de 8 a 11 anos de idade: 60 monolíngues falantes de inglês; 44 crianças educadas em francês, mas que apenas falavam francês na escola (bilíngues parciais); 60 crianças totalmente bilíngues; e 39 trilíngues. Entre as tarefas, os participantes executaram o teste de vocabulário por imagens de Peabody (*Peabody picture vocabulary test*), o teste de matrizes progressivas coloridas de Raven (*Raven’s colored progressive matrices test*) e um teste *flanker* modificado⁶. O estudo não aplicou nenhum teste de alternância de tarefas ou situação multitarefa, mas os autores garantem que o teste *flanker* tem os elementos centrais de um teste multitarefa: seleção, inibição e mudança de reação. Os resultados apontaram que as crianças dos quatro grupos tiveram um desempenho similar nos testes de vocabulário de inglês e inteligência não-verbal com acurácia máxima, mas os bilíngues e trilíngues ultrapassaram os monolíngues, foram mais rápidos para resolver os conflitos do que os monolíngues e bilíngues parciais. Os pesquisadores explicaram que as línguas nos bilíngues (e trilíngues) estão constantemente ativas. Os falantes necessitam direcionar a atenção à língua alvo e evitar a interferência da outra(s). Consequentemente, há uma vantagem bilíngue na função executiva, já que o sistema executivo controla a atenção. Nas palavras dos autores, “[...] o envolvimento da função executiva no processamento da linguagem em bilíngues faz do bilinguismo uma forma de multitarefa [...]” (POARCH; BIALYSTOK, 2015, p.113, tradução nossa)⁷.

⁴ “those who use two or more languages (or dialects) in their everyday lives” (GROSJEAN, 2012, p.04).

⁵ “this process makes all language use by bilinguals a model for linguistic multitasking” (POARCH; BIALYSTOK, 2015, p.212).

⁶ No teste *flanker* modificado utilizado por Poarch e Bialystok (2015, p.119, tradução nossa), os participantes deveriam “[...] indicar a direção na qual uma seta alvo no meio de uma série de cinco setas apontava (esquerda ou direita) pressionando um dos dois botões do mouse.” Os autores usaram quatro tipos de teste: (1) teste base no qual uma única seta era apresentada no meio da tela; (2) teste neutro no qual dois losangos cercavam a seta do meio; (3) testes congruentes nos quais “as setas laterais apontavam na mesma direção do alvo”; e (4) testes incongruentes nos quais “o alvo e as setas laterais apontavam para direções opostas” (POARCH; BIALYSTOK, 2015, p.120). Este teste é amplamente utilizado na área de Psicologia Cognitiva para avaliar a habilidade suprimir reações que são inapropriadas em determinado contexto.

⁷ “[...] the involvement of EF in bilingual language processing makes bilingualism a form of linguistic multitasking [...]” (POARCH; BIALYSTOK, 2015, p.113).

Desviando um pouco do contexto educacional, Engonopoulos, Sayeed e Demberg (2012) investigaram o efeito da complexidade linguística na carga cognitiva em uma situação de dupla tarefa: dirigir e compreender linguagem simultaneamente. Os pesquisadores manipularam a dificuldade da tarefa de dirigir bem como a complexidade estrutural dos itens linguísticos. Um total de 24 participantes executaram a tarefa de direção simulada que variava entre ‘fácil’ e ‘difícil’ enquanto ouviam frases em alemão contendo uma oração relativa. A oração era seguida de frases extras relacionadas tematicamente e os participantes deveriam responder questões de compreensão do tipo sim/não. Os estímulos foram desenhados em pares de forma que os itens em cada par fossem similares com exceção da forma do auxiliar da oração relativa que define se é uma oração subordinada relativa subjetiva ou uma oração subordinada relativa objetiva. As frases eram localmente ambíguas entre a oração relativa objetiva e a oração relativa subjetiva até alcançar o auxiliar. Por exemplo, “*Die Lehrerin, die einige Eltern wegen einer solchen Kleinigkeit angerufen [haben / hat], hat nun eine Elternversammlung einberufen*” (ENGONOPOULOS; SAYEED; DEMBERG, 2012, p.2250, tradução nossa), “A professora [que chamou alguns pais / quem chamou alguns pais / a quem alguns pais chamaram] por causa de algo tão trivial, agora **convocou** uma reunião de pais”. Os pesquisadores também coletaram dados fisiológicos capturados por pupilometria e condutância elétrica da pele. Os achados indicam que a tarefa linguística indubitavelmente atrapalha o desempenho da tarefa de dirigir. A ambiguidade e a complexidade linguística resultaram em maior carga cognitiva, conforme medida pelos dois testes fisiológicos. Os autores esclarecem que na região de desambiguação da frase eles observaram um desvio maior de direção, indicando que “[...] as pessoas estão direcionando mais recursos mentais para a tarefa linguística, consequentemente impedindo um bom desempenho na direção [...]” (ENGONOPOULOS; SAYEED; DEMBERG, 2012, p.2253, tradução nossa)⁸. Esta questão de compreender linguagem e dirigir ao mesmo tempo será melhor discutida na subseção seguinte com evidências de neuroimagem.

Dirigindo-se ao contexto profissional, Colom et al. (2010) examinaram o papel da inteligência e da capacidade de memória de trabalho (CMT) no desempenho multitarefa. O estudo foi conduzido com 302 candidatos de ingresso a cursos de treinamento de controle de tráfego aéreo. Mediu-se a inteligência dos participantes através de uma tarefa de raciocínio analítico; a CMT através do teste de capacidade de cálculo (*computation span*) e tarefas de matriz de ponto (*dot matrix tasks*); e desempenho multitarefa através dos testes de atenção dividida (*divided attention*) e de funil⁹ (*funnel tasks*). Os pesquisadores observaram que, apesar de a inteligência e a CMT serem relacionadas à multitarefa, a CMT é mais altamente correlacionada e é a única que prediz o desempenho multitarefa. Eles explicam que os componentes de processamento e armazenamento

⁸ “*people are allocating more mental resources to the linguistic task, hence impeding steering performance*” (ENGONOPOULOS; SAYEED; DEMBERG, 2012, p.2253).

⁹ Para maiores detalhes, consulte o artigo original.

dos testes de CMT são altamente relacionados às habilidades exigidas por situações multitarefa. Nas palavras dos autores, “testes de memória de trabalho podem ser usados para seleção de pessoal quando requisitos multitarefas estão envolvidos” (COLOM et al., 2010, p.550, tradução nossa)¹⁰.

Devido à relativamente recente necessidade tecnológica, o último tema desta subseção envolve a percepção e as escolhas feitas por indivíduos de diferentes gerações. Carrier et al. (2009) exploraram as escolhas multitarefa e as avaliações de dificuldade de tais tarefas em três gerações de norte-americanos: *Baby Boomers*¹¹, nascidos entre 1946 e 1964; Geração X, nascidos entre 1965 e 1979; e Geração Net, nascidos entre 1980 e o presente. É o primeiro estudo a comparar diretamente o comportamento multitarefa de gerações mais velhas e mais jovens. Os autores afirmam que os membros da Geração Net “cresceram com tecnologia de computador facilmente disponível inserida nos ambientes escolares e de casa” (CARRIER et al., 2009, p.483, tradução nossa)¹². Um questionário online sobre diferentes tarefas relacionadas à tecnologia foi respondido por 1319 participantes. Conforme esperado, as gerações mais recentes desempenham multitarefas significativamente mais do que as gerações mais velhas. Surpreendentemente, as gerações mais jovens e mais velhas concordam em quais tarefas devem ser combinadas em situação multitarefa e quais não devem ser. Tal achado é “[...] consistente com a ideia de que todas as gerações compartilham limitações mentais que afetam quais tarefas podem ser combinadas com outras tarefas [...]” (CARRIER et al., 2009, p.489, tradução nossa)¹³. Como limitações, os autores apontam que os resultados podem ser decorrentes da idade cronológica e não das diferenças entre as gerações. Também, eles assinalam que as respostas do questionário refletem as percepções que os participantes tiveram das suas próprias experiências multitarefa e não de seus comportamentos reais. De qualquer forma, parece consistente concluir que a limitação em desempenhar várias tarefas simultaneamente é compartilhada entre as gerações. Acrescentando evidência aos achados do estudo de Carrier et al. (2009), Ophir, Nass e Wagner (2009) compararam as habilidades de controle cognitivo entre indivíduos que desempenhavam várias tarefas envolvendo mídia por tempo prolongado e aqueles que ocasionalmente estavam em situação multitarefa. Os resultados sugerem que os ‘acostumados’ com situação multitarefa “são distraídos pelos fluxos múltiplos de informação que estão consumindo” (OPHIR; NASS; WAGNER, 2009, p.15585,

¹⁰ “*working memory tasks might be used for personnel selection when multitasking requirements are involved*” (COLOM et al., 2010, p.550).

¹¹ *Baby Boomers* são pessoas nascidas entre 1946 e 1964 em países como Reino Unido, França, Estados Unidos, Canadá ou Austrália. Depois da Segunda Guerra Mundial, estes países tiveram um súbito aumento da natalidade, por isso o termo *baby boomer* (U.S. CENSUS BUREAU, 2011).

¹² “*grew up with computer-based technology readily available and enmeshed in their school and home environments*” (CARRIER et al., 2009, p.483).

¹³ “[...] *consistent with the idea that all generations share mental limitations affecting which tasks can be combined with other tasks [...]*” (CARRIER et al., 2009, p.489).

tradução nossa)¹⁴, e aqueles que raramente se encontram em situação multitarefa são “mais efetivos em volitivamente alocar sua atenção em caso de distrações” (OPHIR; NASS; WAGNER, 2009, p.15585, tradução nossa)¹⁵. Os pesquisadores concluíram que a necessidade crescente de ser multitarefa pode estar impondo novas exigências no processamento cognitivo e especialmente na distribuição da atenção.

Estes estudos têm apontado que as tarefas podem competir por um recurso de processamento cognitivo central, resultando em um gargalo. Pashler (1994, p.221, tradução nossa) sustenta que “quando duas tarefas precisam do mecanismo ao mesmo tempo, um gargalo é resultante, e uma ou ambas as tarefas levarão mais tempo ou serão prejudicadas”¹⁶. Vimos que ser multitarefa é uma necessidade onipresente na vida moderna e que as pessoas acreditam que estão usando seu tempo mais efetivamente ao desempenhar mais de uma tarefa ao mesmo tempo em diferentes contextos. Na realidade, os estudos, como os que foram aqui apresentados, têm sugerido que os indivíduos estão se distraindo, e tal feito interfere com a habilidade de desempenhar tarefas, de reter e recuperar informações/conhecimento. Agora, vamos explorar essas questões acerca de situações multitarefa através das lentes da neuroimagem, um conjunto de técnicas que podem visualizar o cérebro, especialmente o cérebro saudável, trabalhando, uma vez que imagens cerebrais são capturadas enquanto o indivíduo desempenha tarefas.

Estudos de neuroimagem sobre multitarefa

As bases neurais da capacidade de desempenhar tarefas simultaneamente têm sido examinadas através de estudos de lesões cerebrais e mais recentemente, através de ferramentas tecnológicas como a ressonância magnética funcional (fMRI)¹⁷. Entre os muitos estudos publicados, um estudo de lesão cerebral e quatro estudos com neuroimagem foram escolhidos para serem discutidos aqui. Esses estudos confirmam a hipótese consagrada de que as áreas cerebrais não trabalham isoladamente, uma por vez; elas colaboram extensivamente para alcançar um objetivo. Os estudos corroboram a ideia, apresentada por William James (1890) em seu *Princípios de Psicologia*, de

¹⁴ “heavy media multitaskers are distracted by the multiple streams of media they are consuming” (OPHIR; NASS; WAGNER, 2009, p.15585).

¹⁵ “more effective at volitionally allocating their attention in the face of distractions” (OPHIR; NASS; WAGNER, 2009, p.15585).

¹⁶ “when two tasks need the mechanism at the same time, a bottleneck results, and one or both tasks will be delayed or otherwise impaired” (PASHLER, 1994, p.221).

¹⁷ De acordo com Huettel, Song e McCarthy (2009), fMRI (ressonância magnética funcional) é uma tecnologia não invasiva baseada na mesma tecnologia da ressonância magnética funcional (MRI). Usa um campo magnético forte e ondas de rádio para criar imagens detalhadas do cérebro. fMRI mede a atividade cerebral ao detectar mudanças na oxigenação e no fluxo sanguíneo do cérebro que ocorrem em resposta à atividade neural (quando uma área cerebral está ativa, consome mais oxigênio para atender à maior demanda. A técnica é usada para produzir mapas de ativação que mostram quais partes do cérebro estão envolvidas em um processo cognitivo em particular. Além de ser não invasiva, apresenta excelente resolução espacial e boa resolução temporal. Tornou-se uma ferramenta popular para visualizar o funcionamento cerebral e vem proporcionando uma nova visão à investigação da cognição.

que o cérebro humano é capaz de se reorganizar. Também, estes estudos seguem os princípios básicos do Processamento Paralelo Distribuído proposto por McClelland, Rumelhart e PDP Research Group (1986) ao concordar que os processos cognitivos acontecem em paralelo numa rede distribuída de áreas corticais.

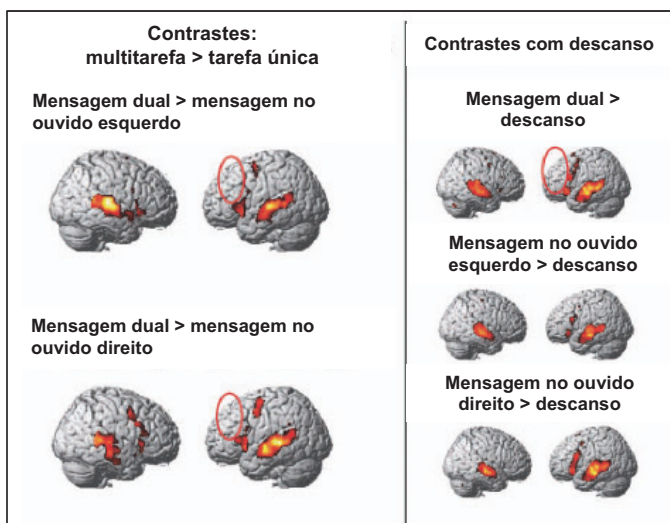
De acordo com Just e Buchweitz (2014), para realizar uma tarefa, como a compreensão de frases, áreas diferentes são sincronizadas (PRAT; JUST, 2010) e os níveis de ativação sobem e caem juntos indicando que a informação está sendo transmitida entre as áreas, o que é chamado de coordenação de atividade. Just e Buchweitz (2014) revisam seis princípios articulados por Just e Varma (2007) que são consistentes com a maioria dos estudos com fMRI, incluindo estudos sobre multitarefa: (1) não existe apenas uma área ativada na realização de uma tarefa, existe *uma rede de áreas corticais*; (2) cada área ativada tem um estilo de processamento característico; (3) as áreas são recrutadas de modo dinâmico conforme as exigências da tarefa aumentam; (4) a ativação é sincronizada entre as áreas participantes; (5) quanto maior for a exigência da tarefa, maior será a ativação na área envolvida; e (6) os núcleos cognitivos são firmemente integrados com os núcleos sensoriais e motores; a ativação sobe e cai ao mesmo tempo.

Historicamente, os estudos de lesões cerebrais eram a única forma de se estudar o cérebro humano antes do advento das técnicas de neuroimagem. Por isso, vamos iniciar revisando um. Burgess et al. (2000) investigaram 60 pacientes com lesões cerebrais focais. Esses pacientes desempenharam tarefas que envolviam as memórias retrospectiva e prospectiva bem como as habilidades de planejamento. Os achados indicam que os diferentes estágios envolvidos nas situações multitarefa são prejudicados pelas lesões em diferentes áreas do cérebro. A região cíngulada posterior esquerda e suas expansões para o lobo occipital parecem refletir deficiências nos componentes retrospectivo e prospectivo das tarefas; a região frontal dorsolateral direita parece refletir déficits no planejamento. Danos a essas regiões levam à diminuição no desempenho da tarefa. O estudo apresentou uma descrição preliminar “para explicar como essas áreas cerebrais podem interagir juntas para sustentar o comportamento multitarefa” numa amostra com lesão cerebral (BURGESS et al., 2000, p.860, *tradução nossa*). O estudo de lesões cerebrais apresenta limitações e os resultados devem ser interpretados com cuidado (BOOKHEIMER, 2002; MATLIN, 2004). Apesar disso, o estudo de Burgess et al. (2000) mostra que existem áreas particulares do cérebro onde a lesão leva a quedas no desempenho nos diferentes estágios da multitarefa.

Com o tempo e o desenvolvimento tecnológico, os pesquisadores se tornaram capazes de observar e estudar o cérebro saudável funcionando. Vamos agora refletir sobre três estudos que lidam com a compreensão de linguagem (escuta) e uma tarefa adicional. Buchweitz et al. (2012) investigaram, usando fMRI, como doze participantes de nível universitário lidam com a tarefa de ouvir a uma voz masculina num ouvido e uma voz feminina no outro ouvido (escuta dicótica) e entender o que cada um está falando. Os pesquisadores compararam tal situação com a tarefa única (escutar e

entender um único falante) e encontraram o mesmo conjunto de áreas envolvidas nas duas condições. Na situação multitarefa, eles observaram um aumento na ativação das áreas de Broca e Wernicke¹⁸ e também um aumento na sincronização entre essas áreas. Na tarefa única, parece que as áreas de Broca e Wernicke não estão completamente sincronizadas, já que a ativação da área de Broca acontece mais tarde (em torno de 1,6-2 segundos) que a ativação da área de Wernicke. Na situação multitarefa, o pico das ativações das duas áreas difere apenas por 0,7 segundos, o que significa que elas estão sincronizadas durante a multitarefa. Tal fato leva à manutenção do bom desempenho em ambas as tarefas. A figura 1 apresenta o contraste entre as situações multitarefa e tarefa única além de cada condição em contraste com o período de descanso (grupos de áreas são significativos a $p < 0,001$, não corrigido, limite de extensão de 6 voxels, $T = 4,02$). As elipses vermelhas mostram que não houve mais ativação no córtex pré-frontal dorsolateral esquerdo na condição multitarefa que na condição tarefa única. A respeito das perguntas desenhadas para verificar a compreensão, os resultados revelaram que os tempos de reação foram mais lentos na condição multitarefa, conforme esperado.

Figura 1 – Contraste entre as situações multitarefa, tarefa única e descanso.



Fonte: Traduzida e reproduzida com permissão de Buchweitz et al. (2012, p.1873).

¹⁸ As áreas de Broca e Wernicke são tradicionalmente implicadas no processamento da linguagem (PRICE, 2010). Esses nomes refletem os sobrenomes dos médicos que identificaram essas áreas nos anos de 1800. Eles observaram o comportamento de pacientes com lesões cerebrais e estudaram seus cérebros após a morte. A área de Broca fica no lobo frontal, mais especificamente no giro frontal inferior, normalmente associada com os aspectos de produção da linguagem. Por sua vez, a área de Wernicke fica no giro temporal superior, geralmente implicada na compreensão da linguagem. De acordo com Bookheimer (2002), a abordagem lesão-déficit nos conduziu à filosofia dos grandes módulos, que aponta o sistema da linguagem como composto por apenas essas duas regiões.

Buchweitz et al. (2012) também observaram os efeitos da capacidade de memória de trabalho (CMT) no desempenho multitarefa. Participantes com menor CMT mostraram maiores turnos de tempo talvez por que eles não foram tão capazes quanto os participantes com maior CMT de manter os resultados de duas áreas ativadas juntas quando tantos resultados tinham de ser mantidos ativos. Participantes malsucedidos foram os que não conseguiram sincronizar as duas tarefas. O estudo mostra que a situação “[...] multitarefa pode ser mais do que apenas uma questão de fazer mais trabalho cerebral. Pode ser também uma questão de fazer o trabalho de forma diferente em adaptação à carga de trabalho dobrada [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.8, tradução nossa)¹⁹.

Conforme mencionado anteriormente, os estudos comportamentais têm afirmado que nossa capacidade para processar informação é limitada, e os estudos de imagem cerebral têm acrescentado que existe um limite na quantidade de ativação que pode ser recrutada para uma determinada tarefa em um dado momento. Just e Buchweitz (2014, p.6, tradução nossa) explicam que

[...] se desempenhar uma tarefa isolada ativa algum volume do cérebro, digamos x voxels, e outra tarefa isolada ativa y voxels do cérebro, então, espera-se que a aditividade perfeita das duas tarefas seja ativar $x+y$ voxels. Mas não é isso que acontece. Tipicamente, desempenhar ambas as tarefas simultaneamente ativa substancialmente menos voxels que $x+y$.²⁰

Na situação multitarefa, “[...] a atividade cerebral envolvida em desempenhar duas tarefas ao mesmo tempo não é uma simples união da atividade subjacente a cada uma das duas tarefas componentes [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.4, tradução nossa)²¹. Prat, Mason e Just (2011) sugerem que esse ‘fazer mais com menos’ reflete a eficiência neural. Também, nossos cérebros são capazes de se adaptar às exigências das tarefas envolvidas, um conceito conhecido como adaptabilidade neural (PRAT; JUST, 2010). Além disso, as diferentes redes envolvidas na realização de tarefas são capazes de se sincronizar, ou seja, a ativação das redes de diferentes regiões sobe e desce em tandem, indicando que tais regiões estão colaborando e se conectam funcionalmente (PRAT; JUST, 2010).

Just, Keller e Cynkar (2008) usaram fMRI para explorar o impacto da compreensão auditiva simultânea na atividade cerebral associada com uma tarefa de direção simulada. A situação multitarefa resultou num declínio significativo na acurácia da direção.

¹⁹ “[...] multitasking may be more than just a matter of doing more brain work. It may also be a matter of doing the work differently in adaptation to the doubled workload [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.8).

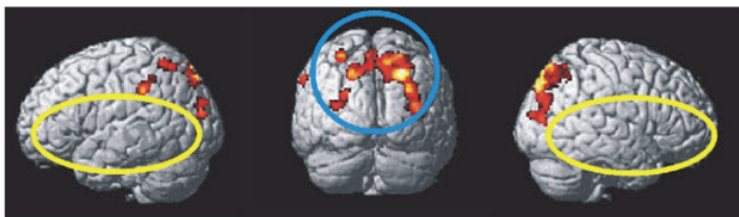
²⁰ “[...] if performing one task alone activates some volume of the brain, say x voxels, and another task alone activates y voxels of the brain, then perfect additivity of the two tasks might be expected to activate $x+y$ voxels. But that is not what happens. Typically performing both tasks simultaneously activates substantially less than $x+y$ voxels.”

²¹ “[...] the brain activity involved in performing two tasks at the same time is not a simple union of the activity underlying each of the two component tasks [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.4).

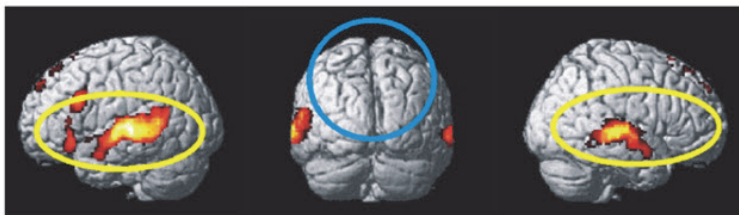
Também, revelou uma redução de em torno de 37% da ativação no lobo parietal, uma área tradicionalmente associada com processamento espacial. A figura 2 exibe mapas do cérebro inteiro que foram criados a partir do contraste entre as duas condições ($p < 0,0001$, limite de extensão de 81 voxels que resultou num limiar de grupo de $p < 0,05$ depois da correção para comparações múltiplas). O círculo azul no painel superior sugere que a ativação parietal e extra estriada diminui com a adição de uma tarefa de escuta de frases. Os ovals amarelos no painel inferior indicam ativação nas áreas temporais e pré-frontais da linguagem por causa da adição da tarefa de escuta de frases. Os achados, conforme ilustrados na figura 2, “[...] claramente demonstram o resultado surpreendente de que a adição de uma tarefa de compreensão de frases reduz a ativação cerebral associada ao desempenho de uma atividade de direção, apesar do fato das duas tarefas usarem áreas corticais amplamente não coincidentes [...]” (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008, p.75, tradução nossa)²².

Figura 2 – O impacto da compreensão auditiva simultânea na atividade cerebral associada com uma tarefa de direção simulada.

A. Apenas dirigir (tarefa única) menos Dirigir e Ouvir (multitarefa)



B. Dirigir e Ouvir (multitarefa) menos Apenas dirigir (tarefa única)



Fonte: Traduzida e reproduzida com permissão de Just, Keller e Cynkar (2008, p.73).

Os resultados confirmam a hipótese de que compreender frases prejudica o desempenho da tarefa de dirigir ao distrair a atenção²³ do ato de dirigir. Tais achados

²² “[...] clearly establish the striking result that the addition of a sentence listening task decreases the brain activation associated with performing a driving task, despite the fact that the two tasks draw on largely non-overlapping cortical areas [...]” (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008, p.75).

²³ Para uma revisão sobre atenção (em inglês), consulte Bailer (2011, p.16-21).

corroboram os achados de Engonopoulos, Sayeed e Demberg (2012) em seu estudo comportamental (discutido anteriormente). Esse efeito da distração pode ser interpretado como uma reflexão do limite de recursos/atenção que podem ser distribuídos entre ambas as tarefas. Nas palavras dos autores Just, Keller e Cynkar (2008), “[...]esse limite de capacidade pode ser pensado como uma restrição biológica que limita a quantidade de atividade neural sistemática que pode ser distribuída entre as partes do córtex [...]” (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008, p.76, tradução nossa)²⁴. Em países como o Brasil e os Estados Unidos, a legislação proíbe que as pessoas utilizem aparelhos celulares enquanto dirigem. Caso o indivíduo use o telefone em suas mãos (*handheld use*), ele/a recebe uma multa; mas se o indivíduo usa o telefone mas o aparelho está dentro do carro num local fixo (*hands-free use*), não é considerado uma infração. A respeito dessa questão, Salvucci e Taatgen (2011, p.108, nossa tradução)²⁵ ponderam que “[...] não há diferenças significativas entre usar o celular segurando-o com a mão e usar o celular deixando-o num local fixo, já que os requisitos visuais e cognitivos são efetivamente idênticos [...]”, assim, nossa cognição é prejudicada com o uso do celular tanto nas mãos ou fixo enquanto dirigimos.

É essencial destacar que os processos automáticos requerem pouca ou nenhuma atenção enquanto os processos controlados exigem atenção bem como interferem com os outros processos que também a requerem (SCHMIDT, 2001). Os estudos com neuroimagem têm atualizado essa definição ao afirmar que “[...] uma habilidade ou comportamento se torna automático quanto existe uma transição de um comportamento direcionado ao objetivo controlado por um sistema executivo fronto-parietal para um estado no qual o controle estratégico frontal desaparece [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.9, tradução nossa)²⁶. As tarefas podem ser automatizadas, consumindo menos recursos como um resultado da prática extensiva. No caso da direção, enquanto aprendemos a dirigir, nossos recursos de atenção são totalmente consumidos pela tarefa de conduzir o carro e conforme nos tornamos proficientes na tarefa, podemos nos sentir capazes de atender o celular ou seguir um equipamento de navegação. O ato de trocar as marchas ou usar a embreagem pode se tornar automático, mas como destacado por Salvucci e Taatgen (2011), dirigir “[...] impõe uma sobrecarga procedimental na cognição que, especialmente em condições de direção difíceis, deixa pouca capacidade disponível para outras tarefas [...]” (SALVUCCI; TAATGEN, 2011, p.107, nossa tradução)²⁷. Por essa razão, parece claro, a partir das evidências, que dirigir e usar o telefone ao mesmo tempo não é uma boa combinação.

²⁴ “*this capacity limit might be thought of as a biological constraint that limits the amount of systematic neural activity that can be distributed across parts of the cortex*” (JUST; KELLER; CYNKAR, 2008, p.76).

²⁵ “[...] *there are no significant differences between handheld and hands-free phone use, since the visual and cognitive requirements are effectively identical [...]*” (SALVUCCI; TAATGEN, 2011, p.108).

²⁶ “[...] *a skill or behavior becomes automatic when there is a transition from goal-directed behavior controlled by a frontal-parietal executive system to a state in which the frontal strategic control drops away [...]*” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.9).

²⁷ “[...] *it imposes a heavy procedural workload on cognition that, especially in difficult driving conditions, leaves little processing capacity available for other tasks [...]*” (SALVUCCI; TAATGEN, 2011, p.107).

Enquanto o estudo de Buchweitz et al. (2012) exigiu a compreensão de auditiva de frases faladas simultaneamente e o estudo de Just, Keller e Cynkar (2008) explorou os efeitos da compreensão auditiva numa tarefa de direção simulada, Just et al. (2001, p.417, tradução nossa) mediram “[...] a ativação cortical durante o desempenho concomitante de duas tarefas cognitivas de alto nível que envolvem modalidades sensoriais diferentes e ativam áreas não coincidentes do córtex sensorial e associativo [...]”²⁸. As tarefas envolviam uma atividade de rotação mental de objetos 3D visualmente representados e uma atividade de compreensão auditiva. Os pesquisadores assumiram que as duas tarefas são apoiadas por redes cerebrais independentes. Os resultados revelaram que desempenhar as duas tarefas simultaneamente afasta os recursos das regiões de processamento da linguagem e de rotação mental, refletindo-se em uma diminuição no desempenho. Conforme reportado por Buchweitz et al. (2012) e por Just et al. (2001), a ativação de ambas as redes envolvidas nas duas tarefas, desempenhadas de forma independente, foi reduzida na situação tarefa única para a situação multitarefa.

Estudos comportamentais descrevem uma diminuição no desempenho como resultado da interferência. Por exemplo, pesquisas sobre bilinguismo têm constatado que, comparados aos monolíngues, os bilíngues são mais capazes de dirigir sua atenção à informação relevante e de manter essa atenção apesar de interferência adversa (YANG et al., 2005). De acordo com Just e Buchweitz (2014, p.13, tradução nossa), “[...] a interferência continua sendo um rótulo para um fenômeno sem muita explicação do seu mecanismo subjacente [...]”²⁹. Os autores argumentam que os estudos com imagens cerebrais são capazes de identificar as áreas cerebrais envolvidas na situação multitarefa, seus efeitos como a redução do desempenho, e indicam, às vezes, os processos psicológicos envolvidos. Outros estudiosos como Salvucci e Taatgen (2011) compreendem a interferência a partir de uma perspectiva diferente. Eles inferem que diferentes indivíduos têm habilidades bem diferentes em tarefas particulares e que tal diferença vem das diferenças nas habilidades e nas competências das pessoas no domínio de cada tarefa. Uma teoria chamada de *Threaded cognition* (cognição enredada) postula que “[...] executar tarefas simultâneas é muito difícil por causa da interferência declarativa, mas se torna muito mais fácil conforme o conhecimento em uma ou em ambas as tarefas é adquirido [...]” (SALVUCCI; TAATGEN, 2011, p.257, tradução nossa)³⁰. Os autores explicam que os iniciantes dependem mais dos processos da memória declarativa para executar uma tarefa. Como os avançados não dependem tanto da recuperação de informação da memória, eles são mais rápidos para decidir o que eles têm de fazer e cometem menos erros. Tal “dependência reduzida na memória

²⁸ “[...] cortical activation during the concurrent performance of two high-level cognitive tasks that involve different sensory modalities and activate largely nonoverlapping areas of sensory and association cortex [...]” (JUST et al., 2001, p.417).

²⁹ “[...] interference remains a label for a phenomenon without much explanation of the underlying mechanism [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.13).

³⁰ “[...] carrying out concurrent novel tasks is very hard because of declarative interference, but much easier as expertise in one or both tasks is acquired [...]” (SALVUCCI; TAATGEN, 2011, p.257).

declarativa torna mais fácil para eles executarem tarefas em paralelo” (SALVUCCI; TAATGEN, 2011, p.171, tradução nossa)³¹.

Ainda, as tarefas podem competir por um recurso comum de processamento cognitivo, resultando num gargalo. Conforme comentado anteriormente, em situação multitarefa na qual o mesmo mecanismo é necessário, uma ou ambas as tarefas poderão levar mais tempo para serem executadas e/ou o desempenho poderá ser prejudicado (PASHLER, 1994). Estudos com neuroimagem têm se interessado em descobrir se o declínio no desempenho reflete uma limitação na habilidade de executar tarefas simultaneamente ou no engajamento das funções executivas e das estratégias para aprimorar o desempenho. De acordo com Just e Buchweitz (2014), o imageamento cerebral confirma o papel da rede executiva e do controle estratégico no processamento de tarefas concomitantes.

As funções executivas são centrais para situações que requerem a alternância da atenção entre tarefas, já que essas funções ajudam a organizar as ações direcionadas a objetivos. A rede executiva envolve o córtex pré-frontal e é associado com o direcionamento da atenção e a manutenção da informação ativa, logo, memória de trabalho (OSAKA; OSAKA, 2007). É bem conhecido que o funcionamento executivo pode ser prejudicado por lesão cerebral, idade e doenças degenerativas. De acordo com Just et al. (1996), os recursos cerebrais são medidos de duas formas: o volume de tecido neural ativado superior ao estado de descanso e a ativação média de um volume. Estudos de cognição de ordem superior têm constatado que indivíduos de alto desempenho utilizam menos recursos, exibem mais ativação focal (PRAT, MASON; JUST, 2011), o que é conhecido como eficiência neural (fazer mais com menos). Tal eficiência tem sido reportada como um indicador funcional de diferenças individuais entre leitores mais competentes e menos competentes (PRAT; JUST, 2010). Na área de multitarefa, poucos estudos têm investigado o impacto das diferenças individuais. Por exemplo, Buchweitz et al. (2012) não encontraram uma correlação entre a CMT e a habilidade multitarefa, possivelmente porque a tarefa era excessivamente fácil ou difícil para os participantes. Os pesquisadores apenas recrutaram indivíduos que atingiram um índice de precisão de pelo menos 75% na sessão de prática multitarefa antes da sessão de fMRI, o que representa em torno de 35% da amostra inicial de participantes. Nas palavras dos próprios autores, “[...] os participantes bem-sucedidos mostraram uma mudança na organização temporal do seu processamento neural, uma mudança na relação de tempo entre os nós da rede de linguagem, atingindo uma maior conectividade funcional na condição multitarefa [...]” (BUCHWEITZ et al., 2012, p.1881, tradução nossa)³².

Indivíduos com alto desempenho são capazes de manter níveis consistentes de desempenho mesmo quando a dificuldade da tarefa aumenta, sem consumir todos os

³¹ “*reduced reliance on declarative memory makes it easier for them to do tasks in parallel*” (SALVUCCI; TAATGEN, 2011, p.171).

³² “[...] *the successful participants showed a change in the temporal organization of their neural processing, a shift in the timing relation among nodes in the language network, achieving higher functional connectivity in the dual task condition [...]*” (BUCHWEITZ et al., 2012, p.1881).

recursos cognitivos disponíveis. Conforme afirmado por Just e Buchweitz (2014, p.10, tradução nossa)³³, “[...] altos níveis de desempenho em situação multitarefa podem ser alicerçados pela eficiência neural; o uso de menos recursos nas áreas do córtex pré-frontal, por sua vez, pode ser associado com a habilidade de automatizar processos específicos às tarefas em situação multitarefa.” Por sua vez, indivíduos com baixo desempenho enfrentam diminuição no desempenho já que eles selecionam estratégias de baixa eficiência, conseqüentemente consumindo mais recursos cerebrais. Cole et al. (2013) sugerem a existência de centros flexíveis fronto-parietais para explicar como o cérebro efetiva a habilidade de controlar adaptavelmente seu próprio comportamento. Braun et al. (2015, p.1, tradução nossa) complementam essa perspectiva ao afirmar que “[...] os indivíduos com maior reconfiguração de rede nos córtices frontal mostram melhor desempenho de memória e têm uma pontuação mais elevada em testes neuropsicológicos que desafiam a flexibilidade cognitiva.”³⁴

Voltando ao contexto educacional como discutido na subseção anterior sobre estudos comportamentais, tais estudos são difíceis de serem implementados dentro do aparelho de ressonância magnética por causa das limitações dessa tecnologia. Por exemplo, o participante tem de permanecer imóvel enquanto as imagens do cérebro são adquiridas. É precisamente por esse motivo que é tão difícil estudar a produção de linguagem com fMRI. Por essa razão, os estudos são desenhados levando em consideração as limitações do instrumento de pesquisa. Dux et al. (2009) foi o estudo mais próximo do contexto educacional que encontramos. Dux et al. (2009) examinaram como sete participantes reagiram a um treinamento em multitarefa. Apesar de não incluírem nenhuma tarefa linguística, apenas tarefas distintas sensoriais e motoras, o estudo é relevante para ser mencionado nesta revisão de literatura já que lida com a questão do treinamento para o desempenho multitarefa. Os participantes receberam treinamento diário durante um período de duas semanas. Imagens cerebrais foram adquiridas antes do treinamento, no meio do treinamento, e depois do fim do treinamento. De acordo com os autores, na literatura existem duas abordagens sobre os efeitos do treinamento. A primeira defende que o treinamento resulta em uma reorganização das áreas cerebrais que sustentam o desempenho da tarefa enquanto a segunda abordagem afirma que o treinamento melhora a eficiência das redes neurais pré-existentes. Os resultados do estudo mostraram que o tempo de resposta foi reduzido com o treinamento e que nenhuma área adicional foi recrutada na situação multitarefa. Os pesquisadores concluíram que o treinamento levou a um aumento na velocidade do processamento da informação no córtex pré-frontal, dessa maneira permitindo que múltiplas tarefas fossem processadas rapidamente. O treinamento leva a uma condição multitarefa mais eficiente, reduzindo os custos multitarefa ao diminuir

³³ “[...] *high levels of performance in multitasking may be underpinned by neural efficiency; the use of fewer resources in areas of the prefrontal cortex, in turn, may be associated with the ability to automate task-specific dual-tasking processes [...]*” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.10).

³⁴ “[...] *individuals with greater network reconfiguration in frontal cortices show enhanced memory performance, and score higher on neuropsychological tests challenging cognitive flexibility.*” (BRAUN et al., 2015, p.1).

a dependência do controle executivo. Multitarefa eficiente, em vez de recrutar regiões cerebrais adicionais, é “[...] associada com uma melhor sincronização e coordenação entre as áreas relacionadas à tarefa e com o uso mais eficiente dos recursos neurais [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.11, tradução nossa)³⁵.

Em relação à biologia, o cérebro humano não mudou muito ao longo de mil anos, mas suas capacidades cognitivas continuam expandindo. Dehaene (2009) argumenta que a plasticidade cerebral permite que nossos circuitos neuronais operacionalizem invenções culturais e educacionais como a leitura e a escrita. Sua teoria postula que as redes neurais do cérebro humano são *recicladas para ler* a linguagem escrita, visto que aprender a ler adapta e conecta as regiões occipitais e temporais do cérebro já presentes na criança, concentrando os processos de leitura na área occipito-temporal esquerda. Nas palavras de Dehaene (2009, p.302), “apenas um golpe de boa sorte nos permitiu ler”. Como nossos cérebros se adaptaram para ler, eles podem estar se adaptando para desempenhar tarefas simultaneamente.

Considerações finais e caminhos futuros

Tendo em vista que “uma revisão é limitada ao próprio entendimento do revisor acerca do tópico e como as conclusões de cada artigo se encaixam” (PRICE, 2010, p.62, tradução nossa)³⁶, este artigo objetivou articular evidências de estudos comportamentais e de neuroimagem sobre multitarefa nos quais pelo menos uma das tarefas envolvia linguagem para corroborar duas hipóteses consagradas neste campo do conhecimento, de que a situação multitarefa resulta em uma tarefa ser desempenhada mais pobremente que quando desempenhada isoladamente (PASHLER, 1994; SCHMIDT, 2001), e de que a situação multitarefa é uma questão de sincronizar e utilizar os recursos neurais disponíveis mais eficientemente (SALVUCCI; TAATGEN, 2011; JUST; BUCHWEITZ, 2014). O artigo almejou fornecer um panorama de como nossos cérebros lidam com a tarefa de processar várias tarefas, vários fluxos de informações de uma só vez. Também, nós procuramos articular os achados dos estudos que investigaram como o aprendizado e o desempenho acontecem sob condições de distração. Nós selecionamos seis estudos comportamentais e cinco estudos com neuroimagem que pensamos ser representativos das principais áreas exploradas por estudos sobre situação multitarefa nos quais pelo menos uma das tarefas envolve linguagem.

Conforme revisado aqui, realizar mais de uma tarefa ao mesmo tempo envolve um processo cognitivo complexo que “normalmente resulta em pelo menos uma das tarefas ser desempenhada mais pobremente que quando é desempenhada isoladamente” (JUST;

³⁵ “[...] associated with better synchronization or coordination between task-related areas and more efficient use of neural resources [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.11).

³⁶ “only a stroke of good fortune allowed us to read” (DEHAENE, 2009, p.302).

BUCHWEITZ, 2014, p.1, tradução nossa)³⁷. A situação multitarefa exige mais recursos mentais que a realização de tarefa única, já que a primeira requer processos cognitivos complexos para ocorrer simultaneamente enquanto compartilha uma infraestrutura comum. Alguns estudiosos têm proposto que não é uma questão de recrutar mais áreas do cérebro, mas sim, uma questão de eficiência neural e sincronização neural. Precisamos manter em mente que muitas variáveis influenciam os estudos, como o perfil dos participantes, as tarefas utilizadas para examinar os efeitos da situação multitarefa, o nível de automaticidade que os participantes exibem nas tarefas propostas, os procedimentos e as instruções utilizadas, os resultados e a interpretação dos achados. Em conjunto, os resultados dos estudos revisados aqui concordam com a literatura que uma rede de áreas cerebrais é ativada para a realização de tarefas e que a ativação em tais áreas é sincronizada. Além disso, quanto mais complexa a tarefa, maior a quantidade de ativação nas áreas envolvidas, e maior o consumo de recursos cognitivos. Tais fatos são refletidos, por exemplo, na legislação de países como o Brasil, que não permitem a uso de celular (nas mãos) enquanto o indivíduo dirige seu carro.

Com a tecnologia, novos aparelhos e novas formas de comunicação surgem, levando nossos cérebros a se adaptar aos novos requisitos da vida nessa sociedade. Para o melhor ou para o pior, as habilidades multitarefa são exigidas nesse mundo de alta tecnologia. Tanto quanto sabemos, o estudo conduzido por Carrier et al. (2009) é o único a comparar os hábitos/percepções multitarefa entre gerações diferentes. Eles observaram que as gerações mais novas parecem estar mais acostumadas a desempenhar multitarefa apesar de eles reconhecerem que não podem combinar tarefas complexas.

Embora a ubiquidade da situação multitarefa seja clara, a aprendizagem e o desempenho sob condições de distração é uma preocupação crescente. Os educadores precisam estar cientes dos riscos relacionados às novas tecnologias. Bowman et al. (2010 p.930, tradução nossa) recomendam que “[...] os benefícios devem ser avaliados em contraste com a tendência que os alunos têm em usar mídia para fins irrelevantes, sociais que podem distraí-los significativamente das tarefas acadêmicas.”³⁸ Além disso, os educadores devem entender os desafios de ser tornar multitarefa e devem ter tempo disponível para conversar com os alunos sobre os usos e limitações das situações multitarefa como parte da informação escolar bem como ajudar os alunos a se tornarem letrados em mídia. De acordo com Ellis, Daniels e Jauregui (2010), se utilizadas adequadamente, as ferramentas tecnológicas de mídia são instrumentos poderosos com potencial para reforçar o aprendizado; mas se usadas indevidamente, podem trazer consequências nocivas à aprendizagem.

Estudos futuros podem esclarecer essas questões e também como o ensino pode evoluir para acompanhar e guiar a geração digital nativa, além de esclarecer como se

³⁷ “usually results in at least one of the concurrent tasks being performed more poorly than when it is performed alone” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.1).

³⁸ “[...] the benefits must be weighed against the tendency students have to use media for irrelevant, social purposes that may distract significantly from the target academic tasks [...]” (BOWMAN et al., 2010 p.930).

deve ensinar adolescentes e adultos a lidar com esse mundo cada vez mais tecnológico. Just e Buchweitz (2014, p.14, tradução nossa) defendem que “[...] o desafio científico central é compreender melhor os mecanismos cerebrais que permitem e limitam o desempenho multitarefa e usar esse entendimento para melhorar a aprendizagem e o desempenho em contextos educacionais, do trabalho e de lazer.”³⁹

Agradecimentos

As autoras gostariam de agradecer dois revisores anônimos por seus comentários e sugestões em uma versão anterior a este artigo.

BAILER, C.; TOMITCH, L. Behavioral and neuroimaging studies on multitasking: a literature review. *Alfa*, São Paulo, v.60, n.2, p.403-425, 2016.

- *ABSTRACT: This literature review aims at articulating evidence from behavioral and neuroimaging studies on multitasking, where at least one of the tasks is a linguistic one. Simply put, multitasking is the handling of more than one task at the same time by a single person. Findings from six behavioral and five neuroimaging studies were articulated with the literature to corroborate two hypotheses longstanding in the field, that (1) multitasking results in one task being performed more poorly than when performed alone (PASHLER, 1994; SCHMIDT, 2001), and that (2) multitasking is a matter of synchronizing and utilizing more efficiently the available neural resources (SALVUCCI; TAATGEN, 2011; JUST; BUCHWEITZ, 2014). The selected studies investigate simultaneous listening comprehension and driving; listening comprehension and performing mental rotation tasks; dichotic listening comprehension; reading/attending a lecture and messaging; bilingualism; the role of intelligence and working memory capacity; the effects of training; and choices across generations. Findings from the reviewed studies corroborate the literature and add support that less voxels in a network of brain areas are activated in multitasking than in single tasking. Implications of such findings for education were also discussed in the review. Future studies may light the path by showing the brain mechanisms that allow and limit multitasking, the effects of learning under conditions of distraction as well as how teaching may evolve to keep up and guide the new generations.*
- *KEYWORDS: Multitasking. Dual tasking. Behavioral studies. fMRI. Literature review.*

³⁹ “[...] the central scientific challenge is to further understand the brain mechanisms that both enable and constrain multitasking and to use this understanding to enhance learning and performance in educational, workplace, and recreational contexts [...]” (JUST; BUCHWEITZ, 2014, p.14).

REFERÊNCIAS

- BAILER, C. **Working memory capacity and attention to form and meaning in efl reading**. 2011. 159f. Dissertação (Mestrado em Inglês) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PLLE0484-D.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2016.
- BOOKHEIMER, S. Functional MRI of language: new approaches to understanding the cortical organization of semantic processing. **Annual Review Neuroscience**, Palo Alto, n.25, p.151-191, 2002.
- BOWMAN, L. L. et al. Can students really multitask? an experimental study of instant messaging while reading. **Computers & Education**, New York, n.54, p.927-931, 2010.
- BRAUN, U. et al. Dynamic reconfiguration of frontal brain networks during executive cognition in humans. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S.l.], p.1-6, Aug. 2015.
- BUCHWEITZ, A. et al. Brain activation for language dual-tasking: Listening to two people speak at the same time and a change in network timing. **Human Brain Mapping**, [S.l.], n.33, p.1868-1882, 2012.
- BURGESS, P. W. et al. The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. **Neuropsychologia**, Oxford, n.38, p.848-863, 2000.
- CARRIER, L. M. et al. Multitasking across generations: multitasking choices and difficulty ratings in three generations of Americans. **Computers in Human Behavior**, [S.l.], n.25, p.483-489, 2009.
- COLE, M. W. et al. Multi-task connectivity reveals flexible hubs for adaptive task control. **Nature Neuroscience**, New York, n.16, v.9, p.1348-1357, 2013.
- COLOM, R. et al. Intelligence, working memory, and multitasking performance. **Intelligence: A Multidisciplinary Journal**, [S.l.], n.38, p.543-551, 2010.
- DEHAENE, S. **Reading in the brain**. New York: Viking, 2009.
- DUX, P. E. et al. Training improves multitasking performance by increasing the speed of information processing in human prefrontal cortex. **Neuron**, Cambridge, n.63, p.127-138, 2009.
- ELLIS, Y.; DANIELS, B.; JAUREGUI, A. The effect of multitasking on the grade performance of business students. **Research in Higher Education Journal**, [S.l.], n.8, p.1-10, 2010.
- ENGONOPOULOS, N.; SAYEED, A.; DEMBERG, V. Language and cognitive load in a dual task environment. In: ANNUAL MEETING OF THE COGNITIVE SCIENCE SOCIETY, 35., 2012, Sapporo. **Proceedings...** [S.l.]: CogSci, 2012. p.2249-2254.

- GROSJEAN, F. **Bilingual: life and reality**. Cambridge: Harvard University Press, 2012.
- HUETTEL, S. A.; SONG, A. W.; MCCARTHY, G. **Functional magnetic resonance imaging**. 2nd ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2009.
- JAMES, W. **The principles of psychology**. New York: H. Holt and Company, 1890. Disponível em: <<http://psychclassics.yorku.ca/James/Principles/index.htm>>. Acesso em: 24 jun. 2016.
- JUST, M. A.; BUCHWEITZ, A. What brain imaging reveals about the nature of multitasking. In: CHIPMAN, S. (Ed.). **The oxford handbook of cognitive science**. New York: Oxford University Press, 2014. p.1-17.
- JUST, M. A.; KELLER, T. A.; CYNKAR, J. A. A decrease in brain activation associated with driving when listening to someone speak. **Brain Research**, Amsterdam, n.1205, p.70-80, 2008.
- JUST, M. A.; VARMA, S. The organization of thinking: what functional brain imaging reveals about the neuroarchitecture of complex cognition. **Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience**, [S.l.], v.7, n.3, p.153-191, 2007.
- JUST, M. A. et al. Interdependence of nonoverlapping cortical systems in dual cognitive tasks. **Neuroimage**, Orlando, n.14, p.417-426, 2001.
- JUST, M. A. et al. Brain activation modulated by sentence comprehension. **Science**, [S.l.], v.274, p.114-116, 1996.
- KAHNEMAN, D. **Attention and effort**. New Jersey: Prentice-Hall, 1973.
- MATLIN, M. W. **Psicologia cognitiva**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- MCCLELLAND, J. L.; RUMELHART, D. E.; PDP RESEARCH GROUP (Ed.). **Parallel distributed processing**. Cambridge: MIT Press, 1986.
- MULTITASKING. In: OXFORD dictionaries: languages matters. New York: Oxford University Press, 2015. Disponível em: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/american_english/multitasking>. Acesso em: 17 ago. 2015.
- OPHIR, E.; NASS, C.; WAGNER, A. D. Cognitive control in media multitaskers. **PNAS**, [S.l.], v.106, n.37, p.15583-15587, 2009.
- OSAKA, M.; OSAKA, N. Neural bases of focusing attention in working memory: an fMRI study based on individual differences. In: OSAKA, N. et al. (Ed.). **The cognitive neuroscience of working memory**. New York: Oxford University Press, 2007. p.99-117.
- PASHLER, H. Dual-task interference in simple tasks: data and theory. **Psychological Bulletin**, Washington, n.116, v.2, p.220-244, 1994.

POARCH, G. J.; BIALYSTOK, E. Bilingualism as a model for multitasking. **Developmental Review**, New, York, n.35, p.113-124, 2015.

PRAT, C. S.; JUST, M. A. Exploring the neural dynamics underpinning individual differences in sentence comprehension. **Cerebral Cortex**, Cary, n.21, v.8, p.1747-1760, 2010.

PRAT, C. S.; MASON, R. A.; JUST, M. A. Individual differences in the neural basis of causal inferencing. **Brain & Language**, Orlando, n.116, p.1-13, 2011.

PRICE, C. J. The anatomy of language: a review of 100 fMRI studies published in 2009. **Annals of the New York Academy of Sciences**, [S.l.], v.1191, n.1, p.62-88, 2010.

SALVUCCI, D. D., TAATGEN, N. A. **The multitasking mind**. New York: Oxford University Press, 2011.

SKEHAN, P. **A cognitive approach to language learning**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

SCHMIDT, R. W. Attention. In: ROBINSON, P. (Ed.). **Cognition and second language instruction**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p.3-32.

UNITED STATE CENSUS BUREAU. **The older population**: 2010. U. S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, Nov. 2011. Disponível em: <<http://www.census.gov/prod/cen2010/briefs/c2010br-09.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

YANG, H. et al. Effects of bilinguals' controlled-attention on working memory and recognition. In: COHEN, J. et al. (Eds.). **ISB4**: proceedings of the 4th international symposium on bilingualism. Somerville, MA: Cascadilla Press, 2005. p.2401-2404.

Recebido em outubro de 2015.

Aprovado em janeiro de 2016.

