

Funções executivas: Um retrato integrativo dos principais modelos e teorias desse conceito

Les fonctions exécutives? Un portrait d'intégration des principaux modèles et les théories de ce concept
Executive functions? An integrative portrait of the main models and theories of this concept

Emmy Uehara¹, Helenice Charchat-Fichman¹, Jesus Landeira-Fernandez¹

¹ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

Resumo

Desde a origem do conceito de “funções executivas” (FE), vários estudos foram realizados com o propósito de definir com mais rigor esse constructo teórico e, conseqüentemente, desenvolver instrumentos adequados capazes de avaliar tais funções. O tema tem despertado grande interesse tanto de pesquisadores como de clínicos, que têm elaborado vários modelos explicativos. Assim, o presente estudo tem como objetivo evidenciar divergências na definição das FE, revisar e apontar as principais teorias e modelos, além de abordagens clássicas que influenciaram a definição do conceito de FE. Através da categorização e agrupamento dos temas e autores, quatro abordagens explicativas das FE foram propostas: cognitivista, neuropsicológica, psicométrica e desenvolvimentista.

Palavras-chave: Neurociência, neuropsicologia, funções executivas, lobo frontal.

Résumé

Depuis l'émergence de la notion de “fonctions exécutives” (FE), de nombreuses études ont été réalisées afin de mieux comprendre leurs aspects théoriques, d'améliorer les outils utilisés pour leur évaluation ainsi que sa trajectoire de développement. La question a suscité beaucoup d'intérêt des chercheurs et des cliniciens, qui ont développé divers modèles explicatifs. Ainsi, cette étude a pour but de souligner les différences dans la définition de FE, l'examen et le point sur les principales théories et modèles en plus des approches classiques qui ont influencé la définition de FE. En classant et en regroupant les sujets et les auteurs, ont été l'origine quatre approches explicatives de ces modèles: cognitives, neuropsychologiques, psychométrique et de développement.

Mots-clés: Neurosciences, neuropsychologie, fonctions exécutives, lobe frontal.

Abstract

Since the emergence of the term “executive functions” (EF), many studies were performed in order to better understand their theoretical aspects, improve the tools used in their assessment as well as its development path. The issue has aroused much interest both researchers and clinicians, who have developed various explanatory models. Thus, this study aims to emphasize differences in the definition of EF, review and point out the major theories and models in addition to classical approaches that influenced the definition of EF. By categorizing and grouping the topics and the authors, were originated four explanatory approaches of these models: cognitive, neuropsychological, psychometric and developmental.

Keywords: Neuroscience, neuropsychology, executive functions, frontal lobe.

Artigo recebido: 11/04/2013; Artigo revisado: 09/07/2013; Artigo revisado (2ª revisão): 31/08/2013; Artigo aceito: 31/08/2013.

Correspondências relacionadas com este artigo devem ser enviadas a Emmy Uehara, Departamento de Psicologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rua Marquês de São Vicente 225, Edifício Cardeal Leme, sala 201, Gávea, Rio de Janeiro, Brasil, CEP 22453-900.

E-mail: emmy.uehara@gmail.com

DOI: 10.5579/rnl.2013.145

Introdução

Os seres humanos são capazes de lidar com novas situações e se adaptar às mudanças de maneira rápida e flexível. As habilidades cognitivas que permitem ao indivíduo controlar e regular seus pensamentos e comportamentos são denominadas de diversas formas na literatura, incluindo (mas não se limitando a): funções executivas (FE), funcionamento executivo, habilidade executiva, entre outros sinônimos. Embora não exista um consenso sobre a conceituação das FE, elas geralmente são definidas como o conjunto de habilidades e capacidades que nos permitem executar as ações necessárias para atingir um objetivo (Garon, Bryson & Smith, 2008; Lezak, 1995).

Diversos modelos foram elaborados, a fim de explicar a complexa natureza das FE, bem como os elementos de teorias clássicas serviram de base e influenciaram na formação de seu conceito. A partir do desenvolvimento da área da psicologia cognitiva e neuropsicologia, novas técnicas de imageamento surgem, fornecendo ferramentas para a investigação das estruturas e processos envolvidos no funcionamento executivo. Este fato foi de grande relevância para a compreensão desse mecanismo executivo e para o surgimento de novas pesquisas, que pode ser observado pela multiplicação do número de publicações sobre o assunto. Ao se realizar uma busca rápida na base de dados PUBMED em fevereiro de 2013, utilizando como palavras-chave “executive function” OR “executive functions”, foram encontradas 709 ocorrências no período de 1990 a 2000 e 10.175 ocorrências entre os anos de 2001 e 2013. Muitas considerações e progressos já foram feitos. Apesar disso, o conceito de “funções executivas”, os possíveis componentes que as integram, sua organização e os testes específicos para sua avaliação ainda não estão bem estabelecidos.

Pesquisadores como Ardila (2008), por exemplo, discutem questões filogenéticas sobre as FE atreladas ao funcionamento dos lobos frontais. O autor sugere que o córtex pré-frontal em humanos é semelhante aos de outros primatas e homínídeos, sendo que estes últimos provavelmente não possuíam as FE metacognitivas, apenas as FE emocionais, resultantes do desenvolvimento e da evolução de instrumentos conceituais como a linguagem. Questões metodológicas também são bastante recorrentes. Rabbitt (1997) discorre de maneira completa e extensa sobre os métodos para se investigar as FE na pesquisa e na prática clínica, as dificuldades dos estudos empíricos, aspectos de validade e fidedignidade dos instrumentos. Da mesma forma, Jurado e Rosselli (2007) traçam um amplo panorama sobre as FE dissecando cada aspecto delas, tais como organização cerebral, componentes, modelos, instrumentos e desenvolvimento. Na tentativa de mapear as FE, Eslinger (1996) listou cerca de 33 definições. Posteriormente, Jurado e Rosselli relataram que, em sua revisão de artigos publicados entre 1947 e 2004, encontraram 30 subcomponentes das FE. Packwood, Hodggets e Tremblay (2011) identificaram 68

subcomponentes das FE que, por meio de técnicas estatísticas (análise semântica latente e análise de cluster hierárquica), os autores conseguiram reduzi-los a cinco domínios: planejamento, memória de trabalho, flexibilidade cognitiva, inibição e fluência.

Ainda na tentativa de agrupar e simplificar as funções, Burgess e Simons (2005) categorizaram as teorias em: teorias de sistema único, teorias baseadas em constructos, teorias de processamento múltiplo e teorias de sintoma único. Seguindo a mesma linha, Kluwe-Schiavon, Viola e Grassi-Oliveira (2012), discorrem sobre dois diferentes modelos teóricos executivos: os modelos de múltiplos processos e modelos de constructo único. Já Tirapu-Ustároz e colaboradores (2008 a, b), em extensa revisão sobre os modelos das funções e controle executivo, agrupam certos modelos na primeira parte do artigo (modelos de sistemas simples, de constructos únicos e de processos múltiplos) e desmembram outras teorias e modelos na segunda parte.

Embora cada artigo e modelo forneçam, até certo ponto, informações exclusivas sobre a natureza das FE, os diferentes conceitos apresentados acabam se sobrepondo em determinados momentos. Assim, o presente artigo tem como objetivo evidenciar divergências na definição das FE, revisar e apontar as principais teorias e modelos, além de abordagens clássicas que influenciaram a definição do conceito de FE.

Metodologia

Uma revisão narrativa de literatura sobre as FE foi realizada selecionando artigos de revisão recentes, estudos experimentais e capítulos de livros clássicos que abordam aspectos teóricos, modelos e achados clínicos. Após a seleção da literatura desejada, realizou-se uma categorização dos temas e autores, sendo então agrupados por critério de aproximação teórica, idealizado pelos autores deste artigo. Esta metodologia originou quatro abordagens explicativas: cognitivista, neuropsicológica, psicométrica e desenvolvimentista.

Abordagens explicativas das funções executivas:

Abordagem cognitivista

A partir do surgimento da cibernética, os modelos de processamento de informação ganharam espaço, por volta da década de 1950, como uma alternativa à abordagem behaviorista sobre o funcionamento humano. Aos poucos, o cérebro e os estados mentais estavam sendo observados e compreendidos. O advento do computador forneceu uma rica metáfora para a teoria de processamento da informação humana. Assim como os computadores, os seres humanos também seriam capazes de armazenar, recuperar e processar uma quantidade de informações de maneira limitada, além de transformá-las para a produção de novas informações, devolvendo-as ao meio. Dessa maneira, a psicologia cognitiva e o processamento de dados deram novos subsídios para o entendimento das FE, ao investigarem os processos mentais através do ponto de vista computacional (Baddeley & Hitch, 1974; Norman & Shallice, 1986; Stuss & Benton, 1986).

Embora existam vários modelos e teorias cognitivistas, foi realizada uma seleção a partir da literatura. Uma das teorias atencionais mais influentes é a proposta por Broadbent (1958), que serviu de base para diversos estudos sobre os processos atentos nos anos subsequentes: a Teoria do Filtro Atencional. De acordo com essa proposta, o processamento inicial dos estímulos ocorreria na memória sensorial, a qual selecionaria a informação segundo as propriedades físicas (cor, forma, intensidade), visando a um posterior armazenamento. Esse sistema central de processamento cognitivo atuaria como um filtro, que limitando e restringindo as informações do indivíduo, o que permitiria apenas a passagem de informações desejadas e bloqueio de outras não atendidas nessa fase do processamento.

Entretanto, a teoria de Broadbent começou a ser questionada a partir do momento em que certos fenômenos não podiam mais ser nela enquadrados, como, por exemplo, o “efeito coquetel” (Cherry, 1953) e alguns experimentos de escuta dicótica (Treisman, 1960). Cherry (1953) propõe que o sujeito capta e processa apenas as informações mais relevantes ou de seu interesse, enquanto as indesejadas são descartadas. Na tarefa de escuta dicótica, o sujeito ouviria duas mensagens diferentes, uma em cada ouvido, e seria solicitado repetir uma delas. Para Broadbent (1958), apenas uma das mensagens seria processada em um nível cognitivo mais complexo. No entanto, Treisman observou que a seleção do input dependia do significado do estímulo e do contexto de sua apresentação (Helene & Xavier, 2003). Além da Teoria do Filtro, apresentada por Broadbent (1958), Deutsch e Deutsch (1960) apresentaram a Teoria Atencional da Seleção da Resposta, em que o filtro seria colocado tardiamente, de modo a auxiliar a resposta e o armazenamento de informações na memória. Diferente da teoria de Broadbent, o processamento era baseado na representação mental, e não nas características físicas do objeto.

Neisser (1967), em seu livro *Psicologia Cognitiva*, sintetizou as tentativas anteriores de aplicar a teoria do processamento de informação e analogias de computadores à aprendizagem humana. Utilizando uma estrutura similar à de Broadbent (1958), Neisser estabeleceu parâmetros para o desenvolvimento de um paradigma de processamento de informação capaz de descrever as FE. Em sua proposta, o sistema executivo seria comparado a um programa de computador com sub-rotinas independentes. Neisser referiu-se ao “controle executivo” como a orquestração de processos cognitivos básicos (tais como percepção e memória) durante a resolução de problemas. Em outras palavras, a principal atividade da rotina executiva seria a de controlar a ordem em que as sub-rotinas são aplicadas, variando de uma ocasião para a próxima, aplicada a qualquer momento e para qualquer tarefa. Essa conceitualização das FE foi mais elaborada por Norman e Shallice (1986), por meio de um mecanismo atencional chamado Sistema Atencional Supervisor (SAS), descrito mais adiante neste artigo.

No final dos anos 1960, Atkinson e Shiffrin (1968) apresentaram seu Modelo Modal ou de Múltiplos Armazenadores da Memória. O modelo seria constituído

pelas memórias sensorial (responsável pelos processos perceptivos e armazenamento), de curto-prazo (retém informações por segundos) e de longo-prazo (mantém informações por minutos, dias ou anos). Nesse sistema mnêmico, o fluxo de informações passaria de maneira sucessiva por esses estágios através dos processos de codificação, armazenamento e decodificação. Desde sua elaboração, o modelo é considerado de grande relevância, tendo inspirado o desenvolvimento de novos modelos mnêmicos a partir do avanço das ciências cognitivas.

Complementar à ideia da memória de curto-prazo, o modelo de memória de trabalho (Baddeley & Hitch, 1974) proporcionou uma nova perspectiva ao armazenamento temporário das informações. Assim, a concepção da memória única e singular dá lugar à de uma memória de multicomponentes. Nesse modelo, a memória de trabalho é definida como um sistema de capacidade limitada que permite o armazenamento temporário e a manipulação de informações necessárias em tarefas complexas – como aprendizagem, compreensão da linguagem, raciocínio e produção da própria consciência (Alloway, Gathercole, Willis, & Adams, 2004).

Em seu modelo inicial (Baddeley & Hitch, 1974), a memória de trabalho era considerada um sistema composto por três componentes: o executivo central, que atuaria como controlador atencional e regulador dos processos cognitivos; e dois subsistemas auxiliares, especializados no processamento e manipulação de quantidades limitadas de informações específicas: a alça fonológica e o esboço visuoespacial. Em 2000, Baddeley ampliou o modelo, acrescentando um quarto componente: o retentor episódico, responsável pela integração das informações mantidas temporariamente na memória de trabalho com aquelas provenientes dos sistemas de longo-prazo, em uma representação episódica única. Entretanto, é o executivo central que oferece um arcabouço conceitual para descrever os processos executivos.

Elaborado inicialmente como um sistema unitário, o executivo central é visto atualmente como um sistema multifuncional constituído por uma variedade de habilidades. Conforme o modelo de Baddeley (1996, 2000), o executivo central possui as funções de: a) focar a atenção em uma informação relevante enquanto inibe outras informações distratoras; b) coordenar múltiplas atividades cognitivas simultaneamente; c) selecionar e executar planos e estratégias; d) alocar recursos em outras partes da memória de trabalho; e e) evocar informações armazenadas na memória de longo-prazo.

A partir dessa perspectiva, o executivo central é denominado como um sistema unitário que exerce um papel de gerenciamento e controle das informações que precisam ser processadas, delegando aos subsistemas auxiliares ações específicas de acordo com a demanda. Apesar de ser um modelo bem-validado, o modelo de memória de trabalho de Baddeley recebe críticas por não possibilitar a investigação de alguns aspectos executivos, como planejamento e autopercepção (Zelazo & Muller, 2002). Apesar de ser um modelo teórico explicativo da memória de curto-prazo, o conceito de memória de trabalho e de seu sub-sistema,

executivo central, contribuiu para o delineamento desse mecanismo de atualização e manipulação como componente ativo nas funções executivas.

Outro modelo cognitivista de grande relevância e muitas vezes adotado no estudo do funcionamento executivo é aquele proposto por Norman e Shallice (1986). Complementar à ideia do funcionamento frontal de Luria (1973) e equiparado ao executivo central de Baddeley e Hitch (1974), o Sistema Atencional Supervisor (SAS) compõe um modelo teórico atencional mediado por mecanismos de seleção de respostas e esquemas.

Ao contrário da ideia proposta por Neisser (1967), Norman e Shallice (1986) diferenciaram os processos atencionais automáticos (rotineiros) dos controlados (não rotineiros). Os processos automáticos seriam aqueles que ocorrem fora do conhecimento consciente e sem a atenção deliberada, não havendo interferência nas outras ações. Assim, por serem processados paralelamente, aconteceriam relativamente mais rápido. Por outro lado, os processos controlados referem-se às situações que exigem um controle atencional consciente, sendo realizados em série, o que demandaria o consumo de um tempo maior.

Para lidar com esses processos, Norman e Shallice (1986) propuseram um modelo que incluiu dois sistemas complementares: o controlador pré-programado e o SAS. O controlador pré-programado seria utilizado em respostas automaticamente implementadas, fornecendo um controle de ações simples ou bem-aprendidas, também denominadas esquemas. Na realização de tarefas novas ou complexas, como planejamento de ações futuras, resolução de problemas, tomada de decisões, ações perigosas ou tecnicamente difíceis e manipulação de um novo estímulo que exige superação de resposta habitual forte, o SAS é acionado. Para a seleção de esquemas apropriados na execução de uma tarefa de rotina, recorre-se ao sistema de contenção. No entanto, quando novas situações ou mudanças nas atividades são encontradas, esse tipo de planejamento de ação torna-se inadequado.

De acordo com Shallice (1988), a função do SAS estaria localizada nos lobos frontais. Assim, danos a essa região acarretariam perseveração comportamental, decorrente da preponderância de um esquema em vez de outros e aumento da distratibilidade, que seria a ausência de preponderância de um esquema sobre os demais.

Shallice e Burgess (1996) expandiram o modelo inicial, dando maior enfoque no sistema supervisor. Apesar de ser um sistema único, funcionaria de maneira global e integrada, ao mesmo tempo, que executaria múltiplos processos advindos de diferentes subsistemas. O modelo de Shallice e Burgess (1996) compreende três etapas, as quais envolveriam a elaboração de estratégias, resolução de problemas, memória de trabalho, monitoramento e reformulação do esquema. Em 2000, Burgess e colaboradores reformularam o modelo anterior, incluindo alguns elementos essenciais no desempenho das multitarefas, como memória retrospectiva (memória para eventos passados), intencionalidade (habilidade de agir perante intenções futuras) e planejamento. Em ambos os modelos, o córtex pré-frontal e suas conexões cerebrais estariam intimamente relacionados com os processos atencionais e executivos.

Assim, o conceito do SAS se refere à coordenação e à regulação de ações complexas, atuando como elemento organizador do comportamento para que as metas possam ser alcançadas de maneira adequada, o que, muitas vezes, é considerado como o papel principal das FE. Além desses modelos constituídos de um SAS, outras variações foram criadas a partir da concepção de Norman e Shallice (1986), como, por exemplo, o modelo de Stuss e Benton (1986).

O modelo de processamento de informação abriu caminho para uma psicologia cognitiva moderna. A descrição dos processos cognitivos, como percepção, atenção, linguagem e memória, integra novos componentes e mecanismos de funcionamento às FE, formando um alicerce para a evolução de seu conceito. As publicações de cognitivistas como Broadbent (1958), Neisser (1967), Atkinson e Shiffrin (1968), Posner (1975) e Shiffrin e Schneider (1977) acrescentaram a noção de atenção seletiva e memória de curto-prazo ao conceito de FE. Ao mesmo tempo, a ideia de um executivo central ou de um sistema atencional supervisor, que comanda e gerencia o funcionamento de maneira coordenada, agregou uma visão centralizada e de um controle executivo (para revisão, ver Oliveira, 2007).

Apesar de os cognitivistas não terem desenvolvido suas teorias de processamento de informação com base na expressão “funções executivas”, elas desempenham um papel fundamental nos estudos dos processos executivos. Os modelos da psicologia cognitiva proporcionaram uma melhor definição e um maior aprimoramento dos constructos psicológicos, além da elaboração de conceitos-chave, posteriormente incorporados a outros modelos de FE.

Abordagem neuropsicológica

Embora a neuropsicologia seja considerada uma ciência do século XX, suas origens remontam à Antiguidade (Kristensen, Almeida & Gomes, 2001). A neuropsicologia investiga a relação entre a cognição, o comportamento humano e a atividade do sistema nervoso em condições preservadas ou alteradas. Embora a concepção de que o sistema nervoso relaciona-se com o comportamento e os processos mentais possa parecer óbvia, foram necessários vários séculos para que esse pensamento se tornasse sólido e aplicável à prática clínica. A Teoria Localizacionista de Franz Gall, o método anatomo-clínico de Paul Broca e o relato do caso Phineas Gage influenciaram as investigações dessa relação entre áreas específicas do cérebro e as funções cognitivas. Além disso, durante a I e a II Guerra Mundial, e depois com a Guerra do Vietnã, inúmeros estudos foram realizados com a função de buscar correlações entre achados neuroanatômicos e prejuízos cognitivos presentes em soldados com lesões cerebrais, em especial as lesões frontais (Kristensen et al., 2001).

Mais especificamente no que se refere às lesões pré-frontais, sabe-se que os sintomas por trás delas são amplos e variam de acordo com a localização, o tamanho e a lateralidade da lesão. Nesse sentido, prejuízos cognitivos, emocionais, volitivos, comportamentais ou perceptivos relacionados com as FE acabam se confundindo com déficits

específicos dos lobos frontais. Esse mal-entendido se deve ao fato de se acreditar, historicamente, que as FE estariam relacionadas apenas com os lobos frontais (Benton, 1991), cujos danos resultariam em uma gama de sintomas, conhecidos como “síndrome do lobo frontal” ou “síndromes disexecutivas” (Stuss & Benson, 1986). A partir da observação de pacientes com déficits executivos e patologia no lobo frontal, os pesquisadores começaram a utilizar os termos “funções executivas” e “funções frontais” como sinônimos, acreditando estar anatomicamente no mesmo local (Stuss, 1992).

O conceito de FE tem como antecessor direto o neuropsicólogo Alexandr Romanovich Luria (1966, 1973). Apesar de Lezak (1982) ter sistematizado pela primeira vez o conceito, Luria mencionou o termo em artigo publicado em 1968 (Karpov, Luria & Yarbuss, 1968), como etapa final do processamento de informações. Com base em achados clínicos, Luria propôs um modelo de funcionamento cerebral composto por três unidades funcionais. Esse complexo sistema cerebral seria mediado por regiões neuroanatômicas e funcionalmente hierárquicas que, ao trabalharem juntas, regulariam todos os nossos comportamentos e processos mentais (Luria, 1973). Nesse contexto, a primeira unidade regularia as funções fisiológicas básicas, como tônus cortical, vigília e batimentos cardíacos, associada às estruturas subcorticais. A segunda unidade, relacionada com as áreas posteriores do cérebro, que incluem as regiões parietal, temporal e occipital, seria responsável por obter, analisar e armazenar informações por meio das modalidades visual, auditiva e tátil. Por fim, a terceira unidade exerceria as funções de programação, regulação e verificação das atividades mentais, compreendendo, principalmente, os lobos frontais.

Apesar de não utilizar o conceito de FE, a terceira unidade do cérebro, também chamada Unidade III, desempenharia um papel executivo de autorregulação e monitoramento do indivíduo. Segundo Luria (1980), os lobos frontais sintetizariam as informações acerca do mundo exterior e são o meio pelo qual o comportamento é regulado conforme o efeito produzido por suas ações. Na verdade, grande parte do estudo neuropsicológico das FE tem sua origem nos primeiros relatos de pacientes com lesões frontais. Danos à terceira unidade funcional provocariam mau funcionamento na formulação de planos, planejamento das ações, controle dos impulsos conscientes, entre outras competências mais complexas do comportamento humano (Luria, 1966).

Desse modo, Luria contribui com uma visão mais interconectada do funcionamento cerebral. Ao contrário do postulado pelos frenologistas – faculdades mentais isoladas e “localizáveis” –, Luria descreve o cérebro e os processos mentais como um sistema integrado. Essa noção de unidade funcional é central em seu trabalho, sendo um marco no entendimento dos processos executivos, e influencia, até hoje, as abordagens neuropsicológicas contemporâneas.

Um dos principais marcos da origem do termo foi dada por Muriel Lezak (1982) a partir de seus achados clínicos. Lezak (1982) foi a primeira a cunhar o termo “função executiva”, ao se referir a quatro grandes domínios,

denominados volição, planejamento, ação intencional e desempenho efetivo. Segundo Lezak (1995), volição refere-se à motivação, à intenção e à autoconsciência ao desempenhar comportamentos intencionais. Uma vez formulada a meta, um plano deve ser traçado a fim de alcançá-la. Assim, o planejamento diz respeito à capacidade de identificar a sequência de passos necessária para solucionar um problema ou atingir uma meta. Normalmente, um bom planejamento está associado à capacidade de pensar em alternativas e aplicar a mais efetiva. Ao mesmo tempo, não basta planejar, é preciso que a sequência de ações seja efetuada. Os processos e comportamentos referentes a esse domínio são denominados ação intencional. Em outras palavras, é a capacidade de iniciar e manter as sequências de comportamentos de um plano, bem como a capacidade de modificar ou interromper as ações planejadas caso necessário. O desempenho efetivo está relacionado com as habilidades de autocorreção, monitoramento e regulação do comportamento.

Enquanto cada um desses processos executivos é composto por um conjunto distinto de comportamentos, é raro um paciente apresentar déficits em apenas um domínio executivo. Ao mesmo tempo, Lezak também definiu como uma disfunção executiva falhas em qualquer um desses domínios. Em vez de representar um modelo teórico, esta conceituação de FE feita pela Lezak (1982) foi essencial para a popularização do termo. Além disso, serviu para unificar os conhecimentos na área, direcionando as pesquisas sobre o tema na comunidade neurocientífica, em especial durante o processo de definição e avaliação do funcionamento executivo na prática clínica.

Diferentes dos modelos descritos anteriormente, os estudos a seguir apresentam um caráter mais socioafetivo das FE. Os resultados de pesquisas neurofisiológicas e neuropsicológicas nos obrigam a repensar os mecanismos regulatórios executivos, levando em conta o papel das emoções nesses processos, não se restringindo apenas às atividades cognitivas. Uma das primeiras descrições de uma drástica alteração da personalidade e das emoções provocada por danos ao lobo frontal foi fornecida pelo médico John Harlow (1868). Seu famoso paciente, Phineas Gage, sofreu um acidente, lesionando gravemente o lobo frontal. Apesar de sua sobrevivência e da boa recuperação física e cognitiva, Gage apresentou alterações socio-emocionais, que incluem irresponsabilidade, impulsividade, comportamento socialmente inadequado, mudanças no humor, entre outras.

Desde a publicação do caso de Phineas Gage, inúmeros estudos de pacientes com danos no córtex pré-frontal têm sido relatados (Blumer & Benson, 1975; Brickner, 1934). No início do século XX, tais descrições tornaram-se comuns, como os de Joe A. (Brickner, 1934) e K.M. (Hebb, 1939). Na literatura atual também é possível encontrar relatos similares, como os estudos dos pacientes E.V.R. (Eslinger & Damásio, 1985) e J.C. (Malloy, Bihle, Duffy & Cimino, 1993). Esses são alguns exemplos de como prejuízos no lobo frontal podem ter efeitos muito além de alterações cognitivas, influenciando também as interações sociais e, de maneira mais ampla, a qualidade de vida do paciente.

Uma proposta muito relevante para o estudo das alterações socioafetivas é a do neurologista Antonio Damásio. Damásio (1994) propôs uma teoria de tomada de decisão, chamada Hipótese do Marcador Somático, que busca explicar a inter-relação entre o córtex orbitofrontal, o giro do cíngulo anterior e a amígdala (Bechara, Damásio, Damásio & Lee, 1999; Damásio, 1994, 1996). Em seu trabalho com pacientes com danos no córtex pré-frontal ventromedial, Damásio (1994) observou os profundos efeitos do dano frontal sobre a capacidade de decidir e a função social, sem identificar qualquer tipo de prejuízo cognitivo aparente.

O modelo proposto argumenta que os estados somáticos afetivos, associados aos resultados antes da decisão, seriam utilizados na orientação de decisões futuras. Desse modo, quando uma escolha é seguida por um mau resultado, ocorreria uma reação afetiva associada a essa escolha. Uma vez que a reação afetiva é suficientemente bem estabelecida, em casos futuros a reação ocorre antes que uma escolha seja feita. Em outras palavras, a melhor decisão não seria o resultado do cálculo racional e cognitivo de perdas e ganhos, mas baseada nas reações emocionais boas ou ruins, priorizando os resultados antes das escolhas. De maneira geral, a escolha racional é guiada por reações emocionais que influenciam a tomada de decisão. Assim, os marcadores somáticos ajudariam a simplificar e reduzir a complexidade da tomada de decisão (Damásio, 1996). Segundo Verdejo-García e Bechara (2010), a maior contribuição do modelo do Marcador Somático foi a incorporação de processamento de informação motivacional e interoceptiva aos processos cognitivos superiores, contribuindo para uma explicação mais parcimoniosa das patologias neurológicas e psicopatológicas. A partir dessa visão mais socio-afetiva das FE, fica clara a existência de uma relação íntima entre o cérebro e o corpo, entre a razão e a emoção. Assim, para a atuação plena do organismo é necessário que ambos interajam no ambiente como um todo.

À medida que prioriza os domínios sociais e emocionais, a abordagem socioafetiva das FE tem oferecido uma nova perspectiva para as pesquisas comportamentais e de cunho mais psicopatológico (Bechara, Damásio & Damásio, 2000). Transtornos e comportamentos desadaptativos, como Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), esquizofrenia, autismo e transtornos de conduta, ganham novos rumos quanto ao tratamento, o que pode levar a um melhor prognóstico do transtorno. Da mesma maneira, a participação dos processos socioafetivos exerce um impacto profundo no manejo psicoterapêutico, nos programas de intervenção e na potencialização de fármacos. Esses fatores irão colaborar para a construção de novos modelos psicopatológicos (Barkley, 1997; Braver, Barch & Cohen, 1999).

Um modelo essencialmente desenvolvido para explicar os déficits cognitivos e comportamentais associados ao TDAH foi o modelo de autorregulação de Barkley (1997). O autor ressalta que como grande parte dos déficits relacionados com o TDAH são executivos e o modelo foi elaborado a partir de teorias anteriores baseadas na linguagem e nas funções pré-frontais (Damásio, 1994; Fuster,

1989), é possível utilizar esse modelo em populações com danos frontais e disfunção executiva.

Segundo Barkley (1997), a autorregulação congregaria a maioria dos componentes-chave das FE, incluindo o comportamento orientado para a meta, a utilização de regras e falas autodirigidas (internalização da fala), a elaboração de planos para orientação dirigida ao futuro, assim como o controle dos impulsos. A inibição do comportamento possui um caráter multidimensional, hierárquico e distinto, compreendendo três processos inter-relacionados: inibição de uma resposta prepotente, descontinuidade da resposta de padrão específico e controle de interferência. De acordo com Barkley (1997), a inibição do comportamento ofereceria um período de atraso necessário para que os processos executivos possam ocorrer, sendo fundamental que a inibição comportamental esteja intacta. Em caso de algum prejuízo na inibição de resposta ou antecipação e prevenção de consequências, haveria uma tendência a cometer mais erros e avaliações equivocadas, comportamento comum em pacientes com TDAH.

Além da inibição do comportamento e do controle motor, o modelo de Barkley (1997) incluiu quatro domínios executivos primários, quais sejam: 1) memória de trabalho; 2) autorregulação do afeto, da motivação e da estimulação; 3) internalização da fala; e 4) reconstituição (análise e síntese do comportamento). A memória de trabalho compreende a capacidade de manter e manipular uma informação na mente, noção de tempo, autoconsciência e funções retrospectiva e prospectiva. A autorregulação do afeto, da motivação e da estimulação diz respeito à capacidade de as pessoas se motivarem ou se envolverem afetivamente para um fim específico. A internalização da fala ou discurso interno é um método de reflexão, autoquestionamento e monitoramento antes de agir, o que auxilia o indivíduo a manter o curso dos planos e objetivos. O componente de reconstituição representa as atividades relacionadas com a análise e a síntese. A primeira fragmenta comportamentos ou situações em partes, e a segunda pode recombina-las em novas formas criativas de sequências de comportamento (verbal ou não verbal). Além de ser essencial para os processos executivos, a inibição comportamental exerce uma influência no controle no sistema motor, como controle motor, fluência e sintaxe.

Após a elaboração do modelo autorregulatório Barkley (1997, 2001) reiterou sua teoria ao definir as FE mediante uma perspectiva evolutiva, criticando as metáforas computacionais e de processamento de informação. Para Barkley (2001), essas metáforas são limitadas e insuficientes, pois não explicam a origem das FE. Ainda, por serem baseadas em computadores, não apresentam uma linha de continuidade na evolução, ou seja, as FE são percebidas como únicas, surgindo apenas em humanos, sem identificar nenhum ponto de continuidade entre as espécies. A partir desse ponto de vista, o sistema de FE é considerado uma adaptação biológica resultante da competição interpessoal nos grupos, a qual gradualmente evoluiu ao longo dos anos. Esse novo enfoque pode ampliar ou alterar a avaliação clínica das FE, assim como o impacto no funcionamento adaptativo que os déficits desse sistema executivo podem produzir como

consequência de alguma lesão ou transtorno do desenvolvimento.

Mais recentemente, Kerr e Zelazo (2004) e Zelazo, Qu e Muller (2005) propuseram uma classificação das FE, dividindo-as em processos executivos “frios” (cold) e “quentes” (hot). Os componentes “frios” seriam reconhecidos como processos que tendem a não envolver muita excitação emocional e compreendem os aspectos mais lógicos e cognitivos, como o raciocínio lógico e abstrato, planejamento, resolução de problemas e memória de trabalho. Por outro lado, os processos “quentes” estariam mais relacionados com os aspectos emocionais, crenças e desejos, como a regulação do afeto, da motivação e do próprio comportamento social, tomada de decisão, experiência de recompensa e punição, teoria da mente, interpretações pessoais e julgamento moral. Zelazo, Qu e Muller ressaltam que as medidas de FE sempre exigem uma combinação dos componentes “frios” e “quentes”, é uma questão de grau. Essa nova concepção das FE fez com que pesquisadores adotassem também os aspectos mais afetivos em seus estudos.

De maneira geral, os componentes executivos “frios” têm sido associados ao córtex pré-frontal dorsolateral, enquanto os componentes “quentes” estão mais relacionados com o córtex pré-frontal orbitofrontal e ventromedial (Bechara, Damásio, Damásio & Lee, 1999; Happaney, Zelazo & Stuss, 2004; Royall et al., 2002).

Baseado em aspectos filogenéticos, Ardila (2008) também propôs uma divisão em diferentes partes das FE, em que o córtex pré-frontal participaria de duas habilidades intimamente relacionadas: as funções metacognitivas e as emocionais/motivacionais. De um lado estariam as funções metacognitivas, que incluiriam a resolução de problemas, abstração, planejamento, desenvolvimento estratégico e implementação e memória de trabalho. Essas habilidades relacionam-se com a área dorsolateral do córtex pré-frontal (Stuss & Knight, 2002). Do outro lado, teríamos as FE emocionais/motivacionais, responsáveis por coordenar a cognição e a emoção. Segundo Fuster (1995), a área ventromedial do córtex pré-frontal estaria envolvida na expressão e no controle das emoções e comportamentos mais instintivos, enquanto a área orbitomedial estaria ligada ao controle inibitório.

Como visto anteriormente, essa grande quantidade de conexões com diversas regiões do cérebro demonstra a importância do córtex pré-frontal no controle das FE e em muitos aspectos cognitivos e comportamentais específicos. Nesse sentido, estudos identificaram importantes circuitos que estão mais relacionados com o desempenho das FE com origem no lobo frontal, enviando projeções para diversas regiões corticais e subcorticais (para revisão ler: Royall et al., 2002).

Do ponto de vista neuropsicológico, uma série de componentes pôde ser investigada a partir de disfunções e lesões frontais de pacientes. Embora o córtex pré-frontal desempenhe um papel relevante na mediação dos processos executivos, sabe-se, atualmente, que uma abordagem estritamente localizacionista é inapropriada. O desenvolvimento de novos métodos de investigação, como as

técnicas de neuroimagem, tornou possível a visualização das estruturas e o mapeamento do funcionamento cerebral com maior precisão.

Partindo dessa premissa, distintas teorias e modelos de organização cerebral, além de tarefas e testes, foram criados a fim de investigar e avaliar de outras maneiras as FE alteradas e preservadas. Mais do que a abordagem cognitivista, a neuropsicologia tem como principal objeto de estudo o funcionamento cognitivo e comportamental relacionado com a atividade do sistema nervoso. A partir disso, esse enfoque neuropsicológico pode ser considerado como um dos que mais influenciaram o conceito de FE. Desde os primeiros estudos de Luria (1966, 1973) até a conceitualização por Lezak (1982), o termo ganhou força e se expandiu, dando origem a inúmeras pesquisas na área.

Abordagem psicométrica

Dentre as abordagens discutidas, a abordagem psicométrica mediante o uso de técnicas estatísticas tem sido cada vez mais recorrente nos estudos sobre o funcionamento executivo. Utilizando-se da análise fatorial exploratória e confirmatória, o debate sobre sua conceitualização pode ser empiricamente investigado em adultos e crianças. Através dessa abordagem, a caracterização das FE como um componente único ou multifacetado pôde ser melhor estudado, promovendo maior conhecimento acerca desse conceito.

De acordo com Hair, Anderson, Tatham e Black (2005), esse tipo de análise estatística possui o propósito principal de definir a estrutura subjacente em uma matriz de dados. Em linhas gerais, possui a função de reduzir o número de variáveis e identificar um padrão de correlações entre elas. Esta técnica multivariada produz um número menor de novas variáveis latentes, também chamadas fatores, componentes ou dimensões. Assim, o pesquisador pode identificar os fatores separadamente da estrutura, determinando o grau em que cada variável poderia ser explicada por cada fator (Hair, Anderson, Tatham & Black). Essa técnica poderá maximizar o poder de explicação de um conjunto de itens, verificando se fazem parte de um mesmo constructo latente (Pasquali, 2006). Ainda, segundo Hair e colaboradores, para alcançar este objetivo, as técnicas analíticas fatoriais podem ser utilizadas por uma perspectiva mais exploratória ou confirmatória. Normalmente, ao considerar uma perspectiva exploratória, o pesquisador ainda não possui uma teoria prévia ou evidências suficientes para o agrupamento dos itens em um mesmo constructo latente. Por outro lado, na técnica confirmatória, o pesquisador já possui evidências de uma estrutura latente colocando-a em teste frente aos dados coletados. Ou seja, os dados satisfazem ou não à estrutura latente esperada. Nessa técnica, é possível testar diferentes estruturas e verificar àquela que melhor se adequa aos dados (Damásio, 2012; Hair et al, 2005).

A visão unitária das FE (Stuss & Alexander, 2000), por exemplo, foi explicitamente rejeitada por estudos recentes de análise fatorial que examinaram o desempenho em adultos (Fisk & Sharp, 2004; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki & Howerter, 2000; Welsh, Pennington, &

Groissier, 1991), não se mostrando muito diferente do desempenho verificado em crianças (Espy, Kaufmann, McDiarmid, & Glisky, 1999; Lehto, Juuhaarvi, Kooistra, & Pulkkinen, 2003). Adotando uma postura intermediária, Miyake e colaboradores (2000) fazem uso da análise fatorial confirmatória para avaliar a validade de seu modelo, na tentativa de combater o problema da impureza das tarefas executivas em adultos. Em sua revisão da literatura, Miyake e colaboradores (2000) constataram que os componentes executivos mais comuns encontrados nas tarefas executivas eram a flexibilidade mental, a atualização (monitoramento e manutenção da informação) e a inibição (inibição de respostas prepotentes). Além disso, segundo os autores, esses três fatores são bem-circunscritos e podem ser operacionalizados de maneira bastante precisa. Os resultados mostraram que, embora moderadamente correlacionados, os três componentes são constructos separados, sugerindo o caráter unitário, porém diversificado, dos componentes do sistema executivo. Por outro lado, Pineda e Merchan (2003) identificaram através da análise fatorial exploratória quatro fatores independentes em seu estudo: organização e flexibilidade, velocidade de processamento, controle inibitório e fluência verbal. Para esses autores, as FE são uma atividade cognitiva constituída por inúmeras dimensões independentes que trabalham de maneira integrada na realização de tarefas complexas.

À medida que novos estudos fatoriais são realizados, surge uma quantidade variável de fatores, como: dois fatores - "funcionamento executivo" e "memória de trabalho visuo-espacial" (Miyake et al., 2001 - análise confirmatória), e "inibição" e "flexibilidade mental" (Pennington, 1997 - análise exploratória); três fatores - "desinibição", "velocidade/ativação" e "memória de trabalho/fluência" (Brocki & Bohlin, 2004 - análise exploratória), e "memória de trabalho", "inibição" e "flexibilidade" (Lehto et al., 2003 - análise exploratória). Da mesma forma, também foram encontrados quatro fatores (Fisk & Sharp, 2004 - análise exploratória; Lamar, Zonderman & Reznick, 2002 - análise exploratória), cinco fatores (Pineda & Merchan, 2003 - análise exploratória) e seis fatores (Robbins et al., 1998 - análise exploratória) pelo agrupamento de um conjunto de testes e tarefas neuropsicológicas. A partir desses estudos, os fatores comumente encontrados incluem planejamento, atenção seletiva, controle de impulso, raciocínio, flexibilidade, memória de trabalho e velocidade de resposta/fluência (Brocki & Bohlin, 2004; Miyake et al, 2000).

As técnicas de análises fatoriais também se mostraram uma ferramenta bastante eficiente. Como uma forma de extrair elementos constituintes das FE, a análise fatorial renovou os estudos do campo e trouxe novos desafios à avaliação executiva. O principal deles está relacionado com a redundância dos fatores encontrados. Segundo Packwood, Hodgetts e Tremblay (2011), a partir de uma análise hierárquica de cluster (técnica exploratória que agrupa medidas com características similares), grande parte da diversidade e proliferação de taxonomias se deve à particularidade de cada estudo, como o tipo de análise realizada, os testes utilizados e a população a ser investigada,

ou seja, uma ampla diversidade de dimensões acaba surgindo, contribuindo para a falta de uniformidade nas nomenclaturas dos domínios.

Um ponto frágil para a utilização desses métodos estatísticos são os testes neuropsicológicos em si. Como nem todos os testes e tarefas possuem medidas estáveis, fidedignas e "puras" para toda população, os resultados acabam dando margem para interpretações amplas. Em especial, em testes e tarefas executiva, grande parte deles não avalia exclusivamente as habilidades executivas desejadas, sendo influenciados por demandas não executivas.

De maneira geral, os fatores ou as dimensões acabam variando de autor para autor, dificultando a separação e a uniformidade das funções. Consequentemente, é importante salientar que essa grande diversidade de resultados encontrados diz respeito à metodologia empregada. Cada instrumento utilizado ou população a ser investigada, geram dados específicos e particulares a aquele tipo de pesquisa, sendo necessária muita cautela na análise e interpretação dos mesmos. Apesar dessas considerações, a técnica de análise fatorial tem encontrado medidas constantes, possibilitando a reformulação de algumas teorias e o delineamento de perfis executivos.

Abordagem desenvolvimentista

Outra forma de estudar as FE é por meio de um olhar focado no desenvolvimento humano. Apesar de Jean Piaget e Lev Vygotsky, não serem autores que estudaram as FE diretamente, suas teorias psicogenéticas forneceram fundamentação teórica para a compreensão do desenvolvimento das habilidades cognitivas e emocionais e sua autorregulação ao longo dos primeiros anos de vida. A partir da visão cognitivista construtivista, Jean Piaget desenvolveu pesquisas em diversos campos, como a psicologia do desenvolvimento, a epistemologia genética e a psicologia cognitiva. Adotando abordagens teóricas centradas principalmente na gênese dos processos psicológicos, Piaget foi um dos pioneiros na investigação da autorregulação dos processos mentais e emocionais ao longo do desenvolvimento, peça chave no entendimento do conceito das FE. Para Piaget (1975), o desenvolvimento cognitivo caracterizava-se por um processo contínuo e universal a todos os seres humanos. Ainda, para o autor, o desenvolvimento do pensamento e da inteligência referiam-se à organização sequencial das estruturas mentais (esquemas) e sua adaptação por meio de dois processos: o de assimilação, que ocorre mediante a incorporação de novas experiências ou informações aos esquemas existentes, e o de acomodação, que reorganiza os esquemas, adaptando-os às novas exigências do ambiente (Piaget, 1973). Ambos os processos seriam indissociáveis e tendem a um equilíbrio que, paradoxalmente, nunca alcançam. Assim, a equilibrção cumpriria um papel dinâmico e fundamental na regulação das estruturas cognitivas que asseguram as condições para a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo e emocional do indivíduo (Piaget, 1976).

Além de Piaget, o psicólogo Lev Vygotsky também ofereceu relevantes contribuições ao estudo do

desenvolvimento cognitivo. Diferente da perspectiva de Piaget, Vygotsky adotou uma abordagem sócio histórica, em que o ser humano se constitui na relação com o outro social, moldando e regulando seu funcionamento psicológico e cognitivo (Vygotsky, 1996). Assim, o ser humano não teria acesso direto aos objetos, mas um acesso a recortes do real operados pelos sistemas simbólicos de que dispõe a partir do processo denominado mediação.

De acordo com Vygotsky (1991), desde os primeiros dias, as atividades das crianças adquirem um significado próprio dentro de um sistema social, pela mediação exercida por outras pessoas, sendo a internalização a chave para a compreensão da ação e do comportamento. A teoria do desenvolvimento Vygotskyana parte do princípio de que as funções psicológicas seriam compostas por funções elementares originadas biologicamente e por funções superiores de origem sociocultural (Vygotsky, 1996). A aquisição da linguagem iria mediar a transição do nível mais elementar para o nível mais superior dos processos psicológicos. Desse modo, o uso funcional da palavra representaria um papel fundamental na regulação do comportamento, na mudança da percepção, na formação de novas memórias e na criação de novos processos de pensamento (Vygotsky, 1991). Assim, o desenvolvimento dos processos de pensamento, segundo Vygotsky (1996), caminhará junto ao desenvolvimento da linguagem e da fala. Somente quando a criança consegue falar de uma ação antes de executá-la é que ela adquire uma função planejadora, sob a forma de fala interna. Sua psicogênese ressaltou a construção do pensamento construído em duas etapas: primeiro no social e depois no individual; isto é, primeiro na mente e depois de uma maneira mais concreta (Gomes, 2005).

Todas as mudanças cognitivas e emocionais ressaltadas por Piaget e Vygotsky envolvem transformações qualitativas, transformações essas que se devem à adaptação ativa de fatores externos, mas que não podem ser concebidas independentemente da base interna (Piaget & Inhelder, 1994). O pensamento da criança prossegue por esse caminho predeterminado de maneira peculiar a seu nível intelectual, e ao mesmo tempo, a partir da mediação, seguem as leis naturais sócio-históricas. As teorias psicogênicas de Piaget e Vygotsky vão fundamentar os estudos sobre os mais diversos aspectos do desenvolvimento e autorregulação comportamental. Estes autores mostraram que mesmo seguindo uma trajetória padrão, é importante lembrar que o desenvolvimento é gradual e dependendo da idade, a criança terá dificuldades de planejar com antecedência, renunciar recompensas imediatas, concentrar-se por um longo período, mesmo não tendo qualquer tipo de transtorno ou déficit funcional. Ela simplesmente não consegue, pois ainda não adquiriu ou amadureceu as habilidades necessárias para tais atividades.

Com essas descobertas sobre a mente humana e sua dinâmica, torna-se possível compreender o desenvolvimento em relação aos processos de maturação e crescimento, especialmente no que diz respeito ao córtex cerebral. O interesse pelas trajetórias de desenvolvimento das habilidades cognitivas, influenciadas pelos períodos críticos de maturação do córtex, dá a essa abordagem um caráter mais longitudinal.

Graças aos métodos de investigação menos invasivos (Elliot, 2003), como por exemplo, a tomografia por emissão de pósitrons (PET) e a tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT), o amadurecimento de certas áreas cerebrais pode ser observado, dando início a novos estudos na área do desenvolvimento.

Por muito tempo considerou-se que crianças pequenas ainda não apresentavam FE. Isso se deve ao longo processo de maturação do córtex pré-frontal, que diversas vezes era considerado “funcionalmente silencioso”. Atualmente, sabe-se que elementos precursores das FE já podem ser observados em crianças de 1 ano de idade e que seguem em pleno desenvolvimento até a idade adulta (Huizinga, Dolan & Van Der Molen, 2006). As FE parecem melhorar sequencialmente ao longo dos anos, como entre o nascimento e os 2 anos de idade e dos 7 aos 9 anos, ocorrendo um salto no final da adolescência, entre os 16 e os 19 anos de idade (Anderson, Northam, Wrennall, & Hendy, 2001). Seu lento desenvolvimento geralmente é atribuído à maturação prolongada do córtex pré-frontal (Zelazo, Craik & Booth, 2004).

A partir dessa perspectiva desenvolvimentista, Zelazo e Frye (1998) elaboraram a teoria da Complexidade e Controle Cognitivo (CCC). Essa teoria diz respeito à representação da informação e suas mudanças ao longo do desenvolvimento infantil. Em outras palavras, refere-se à capacidade da criança de adquirir mais representações a fim de compreender relações cada vez mais complexas entre os objetos. Como definem Zelazo, Craik e Booth (2004), a teoria CCC considera o desenvolvimento das FE responsáveis pelas mudanças na complexidade de regras que uma criança consegue formular e empregar na resolução de um problema. Segundo os autores, as representações das regras tornam-se mais hierárquicas durante o período pré-escolar. Por exemplo, é comum a perseveração em pré-escolares, os quais ainda não possuem uma representação integrada das normas, resultando em discrepâncias entre o que sabem e o que fazem. Ao final desse período, as crianças tornam-se mais capazes de refletir sobre as regras, integrando elementos conflituosos do conhecimento a um sistema de regras mais complexo (Garon, Bryson & Smith, 2008). Ao mesmo tempo, os autores ainda ressaltam que as diferenças encontradas entre as idades podem ser atribuídas a determinantes biológicos do desenvolvimento cerebral.

Assim como Zelazo e Frye (1998), Munakata (2001) elaborou uma teoria que enfatiza o caráter unitário das mudanças das FE durante a primeira infância. Sua teoria seria composta por múltiplos sistemas de representações gradativas em vez de um modelo “tudo ou nada”. Para a autora, as representações poderiam ser ativas (associadas à atenção e memória de trabalho) ou latentes (relacionadas com os hábitos e o armazenamento da memória de longo prazo). Com relação o seu desenvolvimento, o sistema de memória latente surgiria antes do sistema de memória ativa e reflete o aprendizado gradual. Enquanto isso, a memória ativa se desenvolveria mais lentamente durante a infância, fornecendo um suporte de cima para baixo (top-down). Ambos os diferentes tipos de representação interagem entre si e, quando

há um conflito entre eles, é necessária uma representação ativa mais forte para superar a representação latente.

Dessa maneira, o modelo de controle executivo proposto por Anderson (2002) conceitualiza as FE como um sistema de controle geral que compreende quatro domínios distintos: controle atencional (atenção seletiva, autorregulação, automonitoramento e inibição); flexibilidade cognitiva (atenção dividida, memória de trabalho, transferência conceitual e utilização de feedback); estabelecimento de metas (iniciativa, raciocínio conceitual, planejamento e organização estratégica); e processamento de informação (eficiência, fluência e velocidade de processamento). Segundo o autor, esses domínios deveriam ser considerados independentes, visto que cada qual tem demonstrado diferentes trajetórias de desenvolvimento. Apesar de sua independência, cada domínio é altamente integrado, envolvendo diversos processos cognitivos, recebendo e processando os estímulos provenientes das fontes subcortical e motora, além das regiões posteriores do cérebro.

Assim como outros pesquisadores, Diamond (2006) construiu uma abordagem voltada para o desenvolvimento de cada componente das FE, em especial a memória de trabalho, a inibição e a flexibilidade cognitiva. Em seus estudos, a autora descreveu as FE como a capacidade de superar o comportamento automático prepotente, apesar da força da experiência anterior (Diamond, 1985). Essa capacidade global para coordenar os componentes das FE segue uma trajetória própria de desenvolvimento com picos de crescimento na última metade do primeiro ano de vida e entre os 3 e os 6 anos de idade.

Os modelos e teorias executivas baseados nas trajetórias de desenvolvimento das FE estão intimamente relacionados com a maturação dos lobos frontais. Zelazo, Craik e Booth (2004) caracterizaram o desenvolvimento executivo no formato de uma curva em U invertido, apresentando ascensão e declínio ao longo dos anos. Durante o processo de envelhecimento, há um declínio gradual da capacidade cognitiva, muitas vezes associado a um prejuízo na velocidade de processamento e no controle inibitório (Ávila & Miotto, 2003; Mayr, Spieler, & Kliegl, 2001; McDowd & Shaw, 2000). Desse modo, estudos sobre o desenvolvimento das FE abarcariam a influência da maturação cerebral e a interação com o meio, por exemplo, fornecendo elementos para a compreensão de transtornos invasivos do desenvolvimento e planejamento de programas de intervenção dessas funções, tal como ressalta Diamond e Lee (2011).

Percebe-se que alterações precoces nessas capacidades podem limitar o desenvolvimento executivo, provocando consequências a curto, médio e longo prazo na vida do indivíduo (Lee, Bull & Ho, 2013). Assim, a investigação sobre as trajetórias de desenvolvimento dos componentes das FE produziu inúmeras contribuições para o estudo de seu funcionamento, dentre elas: a elaboração e o aprimoramento de tarefas específicas para cada faixa etária; a prevenção, tratamento precoce e diagnósticos diferenciais; e programas de estimulação dessas habilidades em salas de aulas.

Considerações finais

As FE podem ser definidas como um mecanismo de controle cognitivo que direciona e coordena o comportamento humano de maneira adaptativa, permitindo mudanças rápidas e flexíveis do comportamento frente às novas exigências do ambiente (Diamond, 2013; Lezak, 1982; Zelazo, Muller, Frye & Marcovitch, 2003). Englobam uma série de competências inter-relacionadas e de alto nível de processamento cognitivo, cujo impacto se reflete em todos os aspectos afetivo-emocionais, motivacionais, comportamentais e sociais.

Esse caráter multidimensional das FE deu origem a inúmeros modelos que auxiliaram a compreensão sobre o funcionamento executivo disfuncional e o diagnóstico diferencial de habilidades executivas específicas. De certo modo, o estudo dessas funções vai além da fronteira da neuropsicologia clínica, abrangendo a psicopatologia, a psicologia do desenvolvimento e a da educação.

A partir disso, é possível responder a pergunta central: “Afim, o que são funções executivas?” De certa maneira, sim. Atualmente, sabe-se mais sobre seu conceito do que há algumas décadas. Partindo de um olhar amplo, as FE devem ser encaradas como um prisma, que pode ser observado através de suas inúmeras faces, de seus vários ângulos, fornecendo mais uma característica ou peculiaridade necessária para seu entendimento. Por um lado, todas as abordagens e modelos descritos anteriormente auxiliaram os estudiosos das FE a compreendê-las melhor e com mais detalhes, moldando aos poucos esse conceito. Por conseguinte, todos os estudos foram bastante pertinentes, oferecendo mais especificidade ao mesmo conceito. Por outro lado, o conceito precisa ser mais refinado, pois ainda não há um consenso sobre uma definição formal do termo. Deve ser lembrado que a mesma dificuldade enfrentada hoje para conceber as FE foi experimentada por Eysenck (1986) e Baddeley e Hitch (1994) para descrever as palavras inteligência e memória de trabalho, respectivamente.

Torna-se evidente que as FE são um domínio cognitivo, comportamental e socioafetivo de grande relevância para o ser humano. A partir da síntese proposta neste artigo foi possível estabelecer os principais elementos-chave de cada abordagem e compreender de maneira mais clara a contribuição das teorias discutidas. Contudo, novas investigações e pesquisas clínicas são necessárias para validar experimentalmente a abordagem sugerida neste estudo.

Referências

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C., & Adams, A. M. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(2), 85-106.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82.
- Anderson, V., Northam, E., Wrennall, J., & Hendy, J. (2001). *Developmental neuropsychology: A clinical approach*. New York: Psychology Press.

- Ardila, A. (2008). On the evolutionary origins of executive functions. *Brain and Cognition*, 68, 92-99.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 89-195), Vol. II. New York: Academic Press.
- Ávila, R., & Miotto, E. C. (2003). Funções executivas no envelhecimento normal e na doença de Alzheimer. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 52(1), 53-61.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A(1), 5-28.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 485-493.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94.
- Barkley, R. A. (2001). The executive functions and self-regulation: An evolutionary neuropsychological perspective. *Neuropsychology Review*, 11(1), 1-29.
- Bechara, A., Damásio, H., & Damásio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10(3), 295-307.
- Bechara, A., Damásio, H., Damásio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and the ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *Journal of Neuroscience*, 19(13), 5473-5481.
- Benton, A. (1991). Prefrontal injury and behavior in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(3), 275-282.
- Blumer, D., & Benson, D. F. (1975). Personality changes with frontal lobe lesions. In: D. F. Benson & D. Blumer (Eds.), *Psychiatric Aspects of Neurological Disease* (pp. 151-170). New York: Grune & Stratton.
- Braver, T. S., Barch, D. M., & Cohen, J. D. (1999). *Mechanisms of cognitive control: Active memory, inhibition, and the prefrontal cortex* (Technical Report PDP.CNS.99.1). Pittsburgh PA: Carnegie Mellon University.
- Brickner, R. M. (1934). An interpretation of frontal lobe function based upon the study of a case of partial bilateral frontal lobectomy. *Research Publications - Association for Research in Nervous and Mental Disease*, 13, 259-351.
- Broadbent, D. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26(2), 571-593.
- Burgess, P. W., & Simons, J. S. (2005). Theories of frontal lobe executive function: Clinical applications. In P. W. Halligan & D. T. Wade (Eds.), *Effectiveness of rehabilitation for cognitive deficits*. Oxford, MA: Oxford University Press.
- Burgess, P. W., Veitch, E., de Lacy Costello, A., & Shallice, T. (2000). The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. *Neuropsychologia*, 38(6), 848-863.
- Cherry, C. (1953). Some experiments on the recognition of speech with one and two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25(5), 975-979.
- Damásio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. New York: Grosset /Putnam.
- Damásio, A. R. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (series B), 351 (1346), 1413-1420.
- Damásio, B. F. (2012). Uso da análise fatorial exploratória em psicologia. *Avaliação Psicológica*, 11(2), 213-228.
- Deutsch, J., & Deutsch D. (1960). Attention: some theoretical considerations. *Psychol Rev.*, 70(1), 80-90.
- Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Child Development*, 56, 868-883.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. In E. Bialystock & F. I. M. Craik (Eds.), *The early development of executive functions. Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp.70-95). Oxford, England: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4-12 years old. *Science*, 333, 959-964.
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders Imaging in clinical neuroscience. *British Medical Bulletin*, 65(1), 49-59.
- Eslinger, P. J. (1996). Conceptualizing, describing, and measuring components of executive function: A summary. In G. R. Lyon & N. A. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory and executive function* (pp.367-395). Baltimore: Brookes.
- Eslinger, P. J., & Damasio, A. R. (1985). Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: patient EVR. *Neurology*, 35(12), 1731-1741.
- Espy, K. A., Kaufmann, P. M., McDiarmid, M. D., & Glisky, M. L. (1999). Executive functioning in preschool children: Performance on A-not-B and other delayed response format tasks. *Brain and Cognition*, 41(2), 178-199.
- Eysenck, H. J. (1986). The theory of intelligence and the psychophysiology of cognition. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 3, pp. 1-34). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(7), 874-890.
- Fuster, J. M. (1989). *The Prefrontal Cortex. Anatomy, Physiology, and Neuropsychology of the Frontal Lobe*. New York: Raven.
- Fuster, J. M. (1995). *Memory in the cerebral cortex: an empirical approach to neural networks in the human and nonhuman primate*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31-60.
- Gomes, A. M. (2005). Fala: Sistema simbólico de mediação construído socialmente. In A. M. Gomes (Ed.), *A criança em desenvolvimento. Cérebro, cognição e comportamento*. Rio de Janeiro: Revinter.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. & Black, W. C. (2005). *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman.
- Happaney, K. R., Zelazo, P. D., & Stuss, D. T. (2004). Orbitofrontal function: A developmental perspective. *Brain and Cognition*, 55(1), 1-10.
- Harlow, J. M. (1868). Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Publications of the Massachusetts Medical Society*, 2, 327-46.
- Hebb, D. O. (1939). Intelligence in man after large removals of cerebral tissue: Report of four left frontal lobe cases. *The Journal of General Psychology*, 21(1), 73-87.
- Helene, A. F. & Xavier, G. A. (2003). A construção da atenção a partir da memória. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 25(Supl.II), 12-20.

- Huizinga, M., Dolan, C. V., & Van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036.
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychological Review*, 17(3), 213-233.
- Karpov, B., Luria, A., & Yarus, A. (1968). Disturbances of the structure of active perception in lesions in the posterior and anterior regions of the brain. *Neuropsychologia*, 6(2), 157-166.
- Kerr, A., & Zelazo, P. D. (2004). Development of "hot" executive function: The Children's Gambling Task. *Brain and Cognition*, 55, 148-157.
- Kluwe-Schiavon, B., Viola, T. W., & Grassi-Oliveira, R. (2012). Modelos teóricos sobre construto único ou múltiplos processos das funções executivas. *Revista Neuropsicologia Latinoamericana*, 4(2), 29-34.
- Kristensen, C. H., Almeida, R. M. M., & Gomes, W. B. (2001). Desenvolvimento histórico e fundamentos metodológicos da neuropsicologia cognitiva. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14(2), 259-274.
- Lamar, M., Zonderman, A. B., & Resnick, S. (2002). Contributions of specific cognitive processes to executive functioning in an aging population. *Neuropsychology*, 16(2), 156-162.
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. (2013). Developmental Changes in Executive Functioning. *Child development*, 00(0), 1-21.
- Lehto, J. E., Juujarvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80.
- Lezak, M. D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17(1-4), 281-297.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Luria, A. R. (1966). *Human brain and psychological processes*. New York: Harper and Row.
- Luria, A. R. (1973). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. New York: Basic Books.
- Luria, A. R. (1980). *Higher cortical functions in man*. New York: Basic books.
- Malloy, P., Bihle, A., Duffy, M., & Cimino, C. (1993). The orbitomedial frontal syndrome. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 8(3), 185-201.
- Mayr, U., Spieler, D. H., & Kliegl, R. (2001). Aging and executive control: Introduction to this special issue. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13, 1-4.
- McDowd, J. M., & Shaw, R. J. (2000). Attention and aging: A functional perspective. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (2nd ed., pp. 221-292). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, J. A., Shah, P., & Hegarty, P. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 621-640.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.
- Munakata, Y. (2001). Graded representations in behavioral dissociations. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(7), 309-315.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In G.E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18). New York: Plenum Press.
- Oliveira, R. M. (2007). O conceito de executivo central e suas origens. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 23(4), 399-406.
- Packwood, S., Hodgets, H. M., & Tremblay, S. (2011). A multiperspective approach to the conceptualization of executive functions. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 33(4), 456-470.
- Pasquali, L. (2006). *Análise fatorial: Um manual teórico-prático*. Brasília, DF: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida.
- Pennington, B. F. (1997). Dimensions of executive functions in normal and abnormal development. In N. A. Krasnegor & G. R. Lyon (Eds.), *Development of the prefrontal cortex: Evolution, neurobiology, and behavior* (pp. 265-281). Baltimore: Brookes.
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Waring, S. C., Ivnik, R.J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild cognitive impairment: clinical characterization and outcome. *Archives of neurology*, 56(3), 303-308.
- Piaget, J. (1973). *Biologia e Conhecimento*. Petrópolis: Editora Vozes.
- Piaget, J. (1975). A teoria de Piaget. In P. H. MUSSEN (Org.), *Desenvolvimento cognitivo*. São Paulo: EDU.
- Piaget, J. (1976). *A equilíbrio das estruturas cognitivas: Problema central do desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1994). *A psicologia da criança*. Rio de Janeiro: Bertrand.
- Pineda, D. A., & Merchan, V. (2003). Executive function in young Colombian adults. *International Journal of Neuroscience*, 113(3), 397-410.
- Posner, M. I. (1975). Psychobiology of attention. In M. S. Gazzaniga & C. Blakemore (Eds.), *Handbook of psychobiology* (pp. 441-480). New York: Academic Press.
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., Lawrence, A. D., McInnes, L., &
- Rabbitt, P. (1997). Methodologies and models in the study of executive function. In P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 1-38). East Sussex, UK: Psychology Press Publishers.
- Rabbitt, P. M. A (1998). A study of performance on tests from the CANTAB battery sensitive to frontal lobe dysfunction in a large sample of normal volunteers: Implications for theories of executive functioning and cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4(5), 474-490.
- Royall, D. R., Lauterbach, E. C., Cummings, J. L., Reeve, A., Rummans, T. A., Kaufer, D. I., ... & Coffey, C. E. (2002). Executive Control Function: A Review of Its Promise and Challenges for Clinical Research. A Report From the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 14(4), 377-405.
- Scott, J. P. (1986). Critical periods in organizational process. In F. Falkner & J. M. Tanner (Eds.). *Human growth*. New York: prenatal growth.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Shallice, T. & Burgess, P. W. (1996). The domain of supervisory processes and temporal organisation of behaviour. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 351(1346), 1405-1412.

- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127-190.
- Stuss, D. T. (1992). Biological and psychological development of executive functions. *Brain and Cognition*, 20(1), 8-23.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63(3), 289-298.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven.
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2002). *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University Press.
- Tirapu-Ustárrroz, J., García-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T., & Pelegrín-Valero, C. (2008 a). Modelos de funciones y control ejecutivo (I). *Revista de Neurologia*, 46(11), 684-692.
- Tirapu-Ustárrroz, J., García-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T., & Pelegrín-Valero, C. (2008 b). Modelos de funciones y control ejecutivo (II). *Revista de Neurologia*, 46(12), 742-750.
- Treisman, A. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(4), 242-248.
- Verdejo-García, A. & Bechara, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema*, 22(2), 227-235.
- Vygotsky, L. S. (1991). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- Vygotsky, L. S. (1996) *A formação social da mente: O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes.
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groissier, D. B. (1991). A normative developmental study of executive functions: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(2), 131-149.
- Zelazo, P. D., Craik, F. I. M., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta Psychologica*, 115(2), 167-184.
- Zelazo, P. D., & Muller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445 - 469). Oxford, England: Blackwell.
- Zelazo, P., Qu, L., & Muller, U. (2005). Hot and cool aspects of executive function: Relations in early language development. In W. Schneider, R. Schumann-Hegsteler, & B. Sodian (Eds.), *Young children's cognitive development: Interrelations among executive functioning, working memory, verbal ability and theory of mind* (pp. 71-93). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zelazo P. D., Muller U., Frye D., & Marcovitch S. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research on Child Development*.
- Zelazo, P. D., & Frye, D. (1998). Cognitive complexity and control: II. The development of executive function. *Current Directions in Psychological Science*, 7(4), 121-126.